মুখোপাধ্যায়
ও
বন্দ্যোপাধ্যায়



উদ্ভিদবিদ্যা

গ্রন্থ পরিচিতি

অধ্যাপক শ্রীহেমেন্দ্রচন্দ্র মুখোপাধ্যায় ও অধ্যাপক শ্রীঅনিল কুমার বন্দ্যোপাধ্যায় প্রণীত 'উদ্ভিদ্‌বিদ্যা' স্নাতক শ্রেণীর ছাত্র-ছাত্রীদের জন্য বাংলা ভাষায় রচিত প্রথম পুস্তক ॥

ইঁহার দ্বিতীয় খণ্ডে কোষবিদ্যা, সুপ্রজনন বিদ্যা, অভিব্যাক্তিবাদ, ব্যবহারিক উদ্ভিদ্‌বিদ্যা, উদ্ভিদ ভূগোলবিদ্যা শারীরবৃত্তি ও বাস্তু সংস্থান সম্বন্ধে পশ্চিমবঙ্গ ও বাংলাদেশের বিভিন্ন বিশ্ববিদ্যালয়ের প্রশ্নাবলী যথাযথ উত্তর সুবোধ্য ও প্রাঞ্জল ভাষায় লিখিত হইয়াছে। বহুচিত্র নূতন কলেবরে স্থাপিত হইয়াছে। পুস্তকটি ছাত্র সমাজে হিতকারি বন্ধুরূপে গৃহীত হইবে বলিয়া আশা করি।

মূল্য—কুড়ি টাকা মাত্র

উদ্ভিদবিদ্যা

(স্নাতক সংস্করণ)

[দ্বিতীয় খণ্ড]

শ্রীহেমেন্দ্রচন্দ্র মুখোপাধ্যায়

রামমোহন কলেজের উদ্ভিদবিদ্যার প্রাক্তন প্রধান অধ্যাপক ; আনন্দমোহন কলেজ ও সিটি কলেজের উদ্ভিদবিদ্যার প্রাক্তন প্রধান অধ্যাপক ; 'প্ল্যাণ্ট গ্রুপ্স্', 'সরল জীববিদ্যা', 'টেক্সট্ বুক অফ্ বাইওলজি', 'প্রাক-জীববিদ্যা' প্রভৃতি গ্রন্থের লেখক

ও

শ্রীঅনিলকুমার বন্দ্যোপাধ্যায়

সিটি কলেজের উদ্ভিদবিদ্যার অধ্যাপক

nbs

দি নিউ বুক স্টল

৫/১, রমানাথ মজুমদার স্ট্রীট, কলিকাতা-৯

প্রকাশক :
দি নিউ বুক স্টলের পক্ষে
শ্রীমহেন্দ্রনাথ পাল
৫/১ রমানাথ মজুমদার ষ্ট্রীট
কলিকাতা :: ৭০০০০৯

মূল্য : কুড়ি টাকা মাত্র

প্রথম প্রকাশ : রথযাত্রা, ১৩৭৪
দ্বিতীয় প্রকাশ : ২রা জ্যৈষ্ঠ, ১৩৮২
পুনর্মুদ্রণ : ১৫ই আষাঢ়, ১৩৮৩
পুনর্মুদ্রণ : ১৮ই জ্যৈষ্ঠ ১৩৮৪

মুদ্রাকর :
শান্তিনাথ প্রেসের পক্ষে
শ্রীজগন্নাথ পান
১৬ হেমেন্দ্র সেন ষ্ট্রীট
কলিকাতা :: ৭০০০০৬

দ্বিতীয় সংস্করণের ভূমিকা

যে-সমস্ত সুধী পাঠক ও পাঠিকাবৃন্দের সহৃদয় আনুকূল্যে উদ্ভিদবিদ্যার (২য় খণ্ড) এই দ্বিতীয় সংস্করণটি প্রকাশ করা সম্ভবপর হইল, প্রথমেই তাঁহাদের সকলকে জানাই আমার আন্তরিক অভিনন্দন ও ধন্যবাদ। এই সংস্করণে পুস্তকটির আদ্যোপান্ত সংশোধন করা হইয়াছে বহু নূতন চিত্রের সংযোজন করা হইয়াছে। উদ্ভিদ-ভূগোল বিদ্যা নামক একটি সম্পূর্ণ নূতন অধ্যায় ইহাতে সন্নিবিষ্ট হইয়াছে। সর্বসাকুল্যে বর্তমান সংস্করণটি পরিশোধিত ও পরিবর্ধিত করিয়া নূতন কলেবরে উপস্থাপিত করা হইয়াছে। দুর্ভাগ্যবশত আমার আন্তরিক প্রচেষ্টা সত্ত্বেও সাময়িক অসুস্থতাবশত ত্রুটিপূর্ণ প্রুফ দেখার ফলে কয়েক জায়গায় অবাঞ্ছিত মুদ্রাকর প্রমাদ ঘটিয়া গিয়াছে। এই ত্রুটির জন্য আমি আন্তরিক দুঃখিত। আশা করি পরবর্তী সংস্করণে এইগুলি সংশোধন করিতে পারিব।

বর্তমান সংস্করণে বাংলাদেশের বিভিন্ন বিশ্ববিদ্যালয়ের পাঠ্যসূচীর বিষয়-গুলিও অন্তর্ভুক্ত করা হইয়াছে। তাহা ছাড়া ঢাকা, রাজশাহী ও চট্টগ্রামের বিভিন্ন কলেজের অধ্যাপক পরিভাষা ও পাঠ্যসূচীর ব্যাপারে বিভিন্নভাবে সাহায্য করিয়াছেন।

পরিশেষে একটি কথা উল্লেখ না করিলে আমার কর্তব্যহানি ঘটিবে—আমার অনুজ প্রতিম বন্ধুবর ডক্টর অজিতকুমার গঙ্গোপাধ্যায়কে এবং আমার স্নেহাস্পদ ছাত্র ও বর্তমানে সহকর্মী ডক্টর প্রসাদ মুখোপাধ্যায়কে সামান্য ধন্যবাদ দানের প্রয়াস হইতে বিরত রহিলাম ; তবে এই গ্রন্থের উৎকর্ষ সাধনে ইঁহাদের দুইজনের দান অপরিসীম বলিয়া আমার স্বীকৃতি রাখিলাম।

পরিশেষে যাহাদের জন্য এই গ্রন্থ রচনা তাহারা ইহার দ্বারা সামান্যমাত্রায় উপকৃত হইলেই আমি আমার সমস্ত পরিশ্রম সার্থক জ্ঞান করিব।

সিটি কলেজ
উদ্ভিদবিদ্যা বিভাগ
কলিকাতা
৫ই জুন, ১৯৭৫

অনিলকুমার বন্দ্যোপাধ্যায়

সূচীপত্র

প্রথম ভাগ

কোষবিদ্যা (Cytology)

বিষয় পৃষ্ঠা

প্রথম অধ্যায়—কোষবিদ্যা

কোষবিদ্যাবিষয়ক ক্রিয়াপদ্ধতি ... ... 1—7

দ্বিতীয় অধ্যায়—কোষ

কোষের অংশ, প্রোটোপ্লাজম, প্রোটোপ্লাজমের বিভিন্ন অংশ, প্রোটোপ্লাজমের কার্য, প্রোটোপ্লাজমের পরীক্ষা, নিউক্লীয়স, নিউক্লীয়সের গঠন, প্লাস্টিড, প্লাস্টিডের সংঘটন, উদ্ভব ও গঠন, প্লাস্টিডের প্রকার, ক্লোরোপ্লাস্ট, সাইটোপ্লাজম, সাইটোপ্লাজমের অংশ, আরগাস্টিক পদার্থ ... ... 8—18

তৃতীয় অধ্যায়—কোষ উৎপাদন

মাইটোসিস, ইন্টারফেজ, প্রোফেজ, মেটাফেজ, অ্যানাফেজ, টেলোফেজ, সাইটোকাইনেসিস, মাইটোসিসের বিশেষত্ব, মায়োসিস, প্রথম মায়োসিস্ বিভাজন, দ্বিতীয় মায়োসিস্ বিভাজন, মায়োসিসের বিশেষত্ব, মাইটোসিস্ এবং মায়োসিসের পার্থক্য, অবাধ কোষগঠন, মুকুলোদ্গম বা গেমেশন, সংশ্লেষ ও নিষেক, পুনর্ভবন, অপুংজনি ... ... 19—33

চতুর্থ অধ্যায়—ক্রোমোজোম

ক্রোমোজোম, ক্রোমোজোমের আকৃতি, ক্রোমোজোমের রাসায়নিক গঠন ... ... 34—40

পঞ্চম অধ্যায়—পলিপ্লয়েডি

পলিপ্লয়েডির শ্রেণীবিভাগ (ইউপ্লয়েডি অ্যানিউপ্লয়েডি) পলিপ্লয়েডির উৎপাদন ... . 41—44

দ্বিতীয় ভাগ

সুপ্রজননবিদ্যা (Genetics)

প্রথম অধ্যায়—সুপ্রজনন-বিদ্যা

মেণ্ডেলের পরীক্ষা (একক চরিত্র জনন বা একক সংকর জনন), দ্বি-সংকর জনন, মেণ্ডেলের বংশগতির নিয়ম (পৃথকীকরণ সূত্র, প্রবল ও প্রচ্ছন্ন গুণসূত্র, মুক্ত সঞ্চারণ সূত্র) ··· ··· 47—56

দ্বিতীয় অধ্যায়—বংশগতির ভৌত মূলসূত্র

জীন বা ডিটারমাইনার, সোমাটিক বা দেহকোষের ক্রোমোজোম, যৌন কোষের ক্রোমোজোম, পুনর্মিশ্রণ, বংশগতিতে রাসায়নিক মূলতত্ব 57—62

তৃতীয় অধ্যায়—বংশগতি সম্বন্ধীয় কয়েকটি তথ্য

অসম্পূর্ণ প্রাবল্য, হাইব্রি ডিগার বা হেটারোসিস, ব্যাক ক্রস 63—66

চতুর্থ অধ্যায়—লিঙ্কেজ এবং ক্রসিং ওভার

লিঙ্কেজ, ক্রসিং ওভার, যৌন চরিত্র ও যৌন নির্ধারণ, যৌন লিঙ্কেজ ··· ··· ··· 67—73

পঞ্চম অধ্যায়—প্রকরণ

অভিযোজন, প্রকরণ (নিরন্তর অথবা অস্থির প্রকরণ, বিচ্ছিন্ন প্রকরণ বা পরিব্যক্তি, সংকরণের দ্বারা প্রকরণ, সীমেরা) জীন পরিব্যক্তি ··· ··· ··· 77—78

ষষ্ঠ অধ্যায়—উদ্ভিদের উন্নতিকল্পে সুপ্রজননবিদ্যার প্রয়োগ

বৈজ্ঞানিক প্রয়োগ, ফলিত প্রয়োগ, প্রজননবিদ্যা ও কৃষিকার্য, প্রজননবিদ্যা ও মানুষ ··· ··· ··· 79—82

তৃতীয় ভাগ

অভিব্যক্তিবাদ (Evolution)

প্রথম অধ্যায়—অভিব্যক্তিবাদ

জীবনের অভিব্যক্তি এবং উদ্ভিদের অভিব্যক্তি, ভাইরাস, প্রকরণ ··· ··· ··· 85—87

দ্বিতীয় অধ্যায়—জৈব অভিব্যক্তির প্রমাণ

তুলনামূলক অঙ্গসংস্থান, তুলনামূলক ভ্রূণবিদ্যা, ভূবিদ্যালিপি, ভৌগোলিক বিস্তার, তুলনামূলক শারীরবৃত্তি, উদ্ভিদ-শ্রেণীবদ্ধ বিদ্যা সংক্রান্ত, স্বপ্রজনন ও নির্বাচিত প্রজনন, কৃত্রিম প্রণালীতে আবিষ্ট পরিবর্তন ... ... 88—93

তৃতীয় অধ্যায়—জৈব অভিব্যক্তি সম্বন্ধে মতবাদ : প্রজাতির অভ্যুদয়

সেন্ট হিলেয়ারের মতবাদ, ল্যামার্কের মতবাদ, ডারউইনের মতবাদ, ভাইজম্যানের মতবাদ, দ্য ভ্রীসের পরিব্যক্তিবাদ 94—101

চতুর্থ ভাগ

ব্যবহারিক উদ্ভিদবিদ্যা (Economic Botany)

প্রথম অধ্যায়—ব্যবহারিক উদ্ভিদবিদ্যা

খাদ্য, তন্তুজ দ্রব্য, বনজ কাষ্ঠ, ভেষজ পদার্থ, বিবিধ পদার্থ, ব্যবহারিক উদ্ভিদের শ্রেণীবিভাগ, ভারতের প্রধান ব্যবহারিক উদ্ভিদ ... ... 105—109

দ্বিতীয় অধ্যায়—খাদ্যশস্য

ধান, (আউস, আমন, বোরো) জাপানী প্রথায় ধানের চাষ, গম ... ... 110—116

তৃতীয় অধ্যায়—দাইল

ছোলা, মটর, মুসুরী, অড়হর, খেসারি, কলাই 117—119

চতুর্থ অধ্যায়—তৈল উৎপাদনকারী উদ্ভিদ

উদ্বায়ী তৈল, চর্বিজাতীয় তৈল, চীনাবাদাম তৈল, সরিষা, নারিকেল ... ... 120—124

পঞ্চম অধ্যায়—শর্করা উৎপাদনকারী উদ্ভিদ

ইক্ষু, তাল, খেজুর ... ... 125—130

ষষ্ঠ অধ্যায়—তন্তু উৎপাদনকারী উদ্ভিদ

কার্পাস তূলা, পাট ... ... 131—137

সপ্তম অধ্যায়—উদ্দীপক পদার্থ উৎপাদনকারী উদ্ভিদ

চা, কফি ... ... 138—143

অষ্টম অধ্যায়—ভেষজ উদ্ভিদ
সিঙ্কোনা, সর্পগন্ধা ... ... 144—151

নবম অধ্যায়—দারু-উৎপাদনকারী উদ্ভিদ
শাল, সেগুন ... ... 152—154

দশম অধ্যায়—রবার উৎপাদনকারী উদ্ভিদ 155—159

একাদশ অধ্যায়—ফল
কলা ... ... 160—162

পঞ্চম ভাগ

উদ্ভিদভূগোলবিদ্যা (Economic Botany)

প্রথম অধ্যায়—ভারতীয় উদ্ভিদের ভৌগোলিক অঞ্চল 165—168

দ্বিতীয় অধ্যায়—ভারতীয় উদ্ভিদ অঞ্চলের উদ্ভিদের বিবরণ
দাক্ষিণাত্যের উদ্ভিদ, পূর্ব হিমালয় অঞ্চলের উদ্ভিদ, পশ্চিম হিমালয় অঞ্চলের উদ্ভিদ, গাঙ্গেয় সমতলভূমি উদ্ভিদ ... 169—176

ষষ্ঠ ভাগ

শারীরবৃত্তি (Plant Physiology)

প্রথম অধ্যায়—কোলয়ডীয় দ্রবণ
প্রোটোপ্লাজমের কোলয়ডীয় ধর্ম, ইমবাইবিশন ... 179—183

দ্বিতীয় অধ্যায়—ব্যাপনক্রিয়া ও আস্রবণ
ঝিল্লীর মাধ্যমে ব্যাপনক্রিয়া, অস্‌মসিস বা আস্রবণ, রসস্ফীতির জন্য প্রয়োজনীয় কারণ, রসস্ফীতির আবশ্যকতা, প্লাসমোলিসিস ... ... 184—191

তৃতীয় অধ্যায়—শোষণ
জলের শোষণ প্রণালী, কোষান্ত আস্রবণ, জল শোষণের জন্য প্রয়োজনীয় কারণ, লবণের শোষণ ... ... 192—201

চতুর্থ অধ্যায়—জল সংবহন
মূলজ প্রেষ, মূলজ প্রেষের প্রক্রিয়া, মূলজ প্রেষ নিয়ন্ত্রণের জন্য প্রয়োজনীয় কারণগুলি, প্রস্বেদন, পত্ররন্ধ্রীয় প্রস্বেদন প্রণালী, তুলনামূলক প্রস্বেদন, প্রস্বেদন প্রভাবিত করিতে প্রয়োজনীয় কারণগুলি,—বহিঃস্থ কারণ, অন্তস্থ কারণ, অতিরিক্ত প্রস্বেদন রোধ করিবার উপায়, রসস্রোত, প্রস্বেদনের সহিত শোষণের সম্বন্ধ, নিস্রাবন, হাইডাথোড, প্রস্বেদনও নিস্রাবণের প্রভেদ, রস-মোক্ষণ, উদ্ভিদদেহের অভ্যন্তরে জল সংবহন, রসের উৎস্রোত, রসের উৎস্রোত সম্বন্ধে মতবাদ, রসের উৎস্রোত পথ ... ... 202—227

প্রথম ভাগ

কোষবিদ্যা

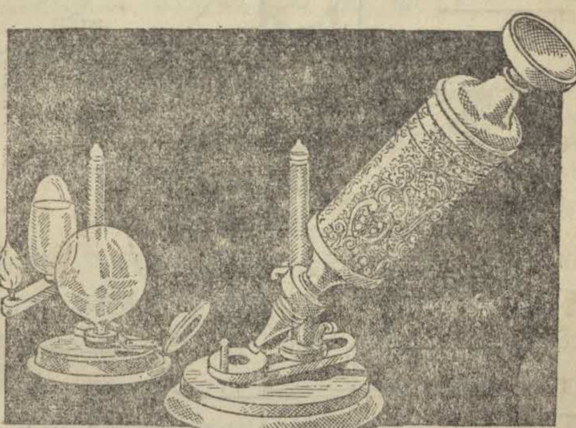
(Cytology)

প্রথম অধ্যায়

কোষবিদ্যা

(Cytology)

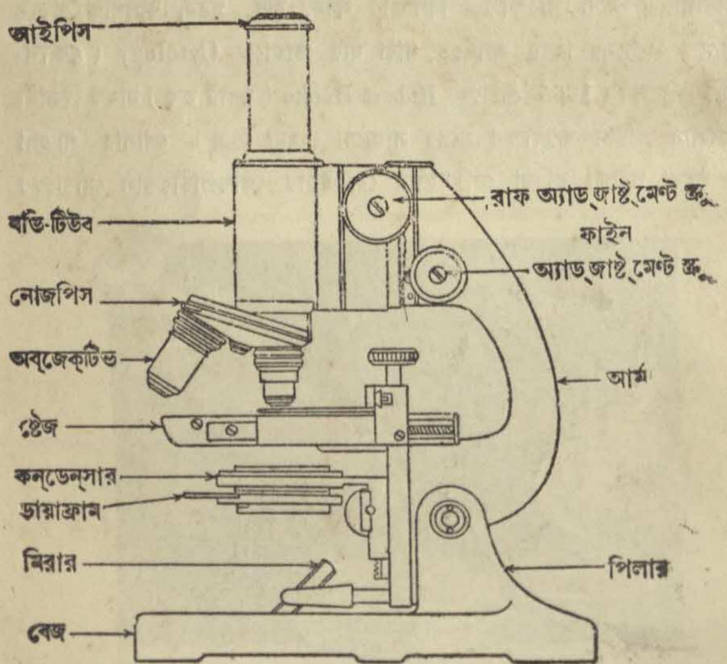
জীববিদ্যার যে অংশ পাঠ করিলে একটি অথবা নিকট সম্পর্কীয় কোষের প্রোটোপ্লাস্টের মধ্যে পারস্পরিক বিপাকীয় সম্বন্ধ, বৃদ্ধি, গঠন, বংশগতি প্রভৃতি জৈবনিক বিন্যাসের বিষয় জানিতে পারা যায় তাহাকে Cytology (**কোষ-বিদ্যা**) বলে। 1665 খ্রীষ্টাব্দে Robert Hooke (রবার্ট হুক) নামক বিজ্ঞানী তৎকালীন প্রাচীন অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে (১নং চিত্র) শোলার পাতলা ছেদ লইয়া পরীক্ষা করিয়া দেখিয়াছেন যে, ইহার কোষপ্রাচীরগুলি মৌচাকের



১নং চিত্র—রবার্ট হুকের অণুবীক্ষণ যন্ত্র

আকারে কক্ষের ন্যায় সাজান থাকে। কিছুকাল পরে তিনি লক্ষ্য করেন, যে সবুজ বর্ণ উদ্ভিদের কোন কোন অংশে এইপ্রকার কক্ষে একপ্রকার তরল পদার্থ দেখিতে পাওয়া যায়। ইহার কিছুকাল পূর্বেও বিজ্ঞানীগণ রক্তের কোষ অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে পরীক্ষা করিয়া মন্তব্য করেন যে ইহারা একপ্রকার ক্ষুদ্র এবং বিচিত্র প্রাণী। 1670 খ্রীষ্টাব্দে Anton Van Leeuwenhock (আঁতঁ ফাঁ লিউভান্‌হক্) ব্যাকটিরিয়া, শুক্রাণু এবং সমুদ্র ও বৃষ্টির জলে

অবস্থিত প্রোটোজোয়া পরীক্ষা করেন এবং ইহাদের ক্ষুদ্র প্রাণী বলিয়া অভিহিত করেন। Marcello (মারচেল্লা), Malpighi (ম্যালপিগি) প্রভৃতির লিউভান্‌হকের সমসাময়িক বিজ্ঞানীগণ ও তৎকালীন ভ্রূণবিদ্যাবিশারদ ও উদ্ভিদবিদ্যা বিজ্ঞানীগণ, কোষগুলি কলাতে কিরূপে সজ্জিত থাকে তাহার সুন্দর চিত্র অঙ্কন করেন। ইহার প্রায় এক শতাব্দী পরে উন্নত ধরনের অণুবীক্ষণ যন্ত্র (২নং চিত্র) ব্যবহৃত হয় এবং জীবদেহ-গঠনের কোষ ও কলার অবদান উপলব্ধি করা যায়। 1801 ও 1809 খ্রীষ্টাব্দে ইউরোপীয় পণ্ডিতগণ স্পষ্ট



২নং চিত্র—অণুবীক্ষণ যন্ত্র

ভাষায় স্বীকার করেন যে, কোষ-সমন্বিত কলাই জীবদেহ-গঠনের মূল উপাদান। 1824 খ্রীষ্টাব্দে Henri Joachin Dutrochet (হেনরী ইউয়াকিন ডুট্রোসে) কোষের আকৃতি সম্বন্ধে আলোচনা করিতে যাইয়া মন্তব্য করেন যে, কোষ শুধুমাত্র আকৃতির গঠনের মূল একক নহে পরন্তু ইহাকে মূল জৈবনিক একক-রূপেও গণ্য করা যায় এবং নূতন কোষ উৎপাদনের দ্বারা উদ্ভিদ কিংবা প্রাণী বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়।

1839 খ্রীষ্টাব্দে Theodor Schwann (থিওডোর স্‌ভান) এবং Matthias J. Schleiden (ম্যাথিয়াস্ জে শ্লাইডেন্) নামক বিজ্ঞানীদ্বয় ডুট্রোসের উপরোক্ত অবদানকে 'Cell theory' (কোষতত্ত্ব) নামে একটি আনুপূর্বিক বিবরণরূপে লিপিবদ্ধ করেন। কোষতত্ত্বের মূল ব্যাখ্যা হইল যে, সকল জীবদেহই কোষদ্বারা গঠিত এবং জীবদেহের মৌলিক অংশের গঠনের দ্বারাই কোষের উৎপাদন হইয়া থাকে। কোষতত্ত্ব প্রবর্তনের সময় কোষের উৎপত্তি সম্বন্ধে তখনও সবিশেষ জানা যায় নাই। স্‌ভান মনে করিতেন যে, একপ্রকার নির্দিষ্ট আকারবিহীন পদার্থ কোষের চতুর্দিকে অবস্থান করে যাহা হইতেই কোষের উৎপত্তি হয়। প্রায় বিশ বৎসর পরে Rudolf Virchow (রূডল্‌ফ ফিরকভ) নামক একজন চিকিৎসক প্রথম প্রস্তাব করেন যে পূর্বতন কোষ হইতেই নূতন কোষের উদ্ভব হয়। উন্নত প্রকৃতির অণুবীক্ষণ যন্ত্র সৃষ্টির সাথে কোষের আভ্যন্তরিক গঠন সম্বন্ধে জানা সম্ভবপর হয়। 1831 খ্রীষ্টাব্দে Robert Brown (রবার্ট ব্রাউন) অর্কিডের কোষে nucleus (নিউক্লীয়স) আবিষ্কার করেন। ইহার অনতিবিলম্বে অন্যান্য পণ্ডিতগণ মন্তব্য করেন যে, ইহার আকৃতি সুস্পষ্ট, সাধারণত গোলাকার এবং ইহা কোষের মধ্যস্থলে অবস্থিত কোষেরই অংশ বিশেষ। 1838 খ্রীষ্টাব্দে Schleiden (শ্লাইডেন), nucleolus (নিউক্লীওলাস) নামক নিউক্লীয়স মধ্যস্থ ঘনবিন্যস্ত পদার্থটি আবিষ্কার করেন। তৎকালে ধারণা ছিল যে, অধিকাংশ নিউক্লীয়সেই নিউক্লীওলাস দেখিতে পাওয়া যায়। 1858 খ্রীষ্টাব্দে Virchow (ফিরকভ্) মনে করেন যে, কোষসংখ্যা বৃদ্ধির জন্য এবং কোষকে জীবিত অবস্থায় রাখিতে নিউক্লীয়সের বিশেষ প্রয়োজন। এইজন্য নিউক্লীয়সবিহীন কোষ, যথা মনুষ্য রক্তের লোহিত কোষ, অতি স্বল্প সময়েই জীবিত থাকে।

1861 খ্রীষ্টাব্দে Max Schultze (মাক্স স্থল্‌ৎসে) কোষকে নিউক্লীয়স সমেত প্রোটোপ্লাজম বলিয়া বর্ণনা করেন। রবার্ট হুক যে শোলার কোষের চতুর্দিকে দৃঢ় প্রাচীর নিরীক্ষণ করিয়াছিলেন তাহা কয়েক প্রকার কোষের বিশেষত্ব। প্রকৃতপক্ষে এইরূপ প্রাচীর প্রাণীর কোষে দেখিতে পাওয়া যায় না।

জীবিত কোষের অভ্যন্তরে যে ঘন তরল পদার্থ দেখিতে পাওয়া যায়, উনবিংশ শতাব্দীর শেষ ভাগে এবং বিংশ শতাব্দীর প্রথম ভাগে উহাকে protoplasm (প্রোটোপ্লাজম) নামে অভিহিত করা হয়। ইহার প্রকৃত

রাসায়নিক ও ভৌত চরিত্র এবং প্রতিক্রিয়া বিজ্ঞানীগণের বিশেষ দৃষ্টি আকর্ষণ করে। ক্রমে বিজ্ঞানের উন্নতির সাথে কোষের আণবিক ও আয়নঘটিত গঠন সম্বন্ধে নূতন চিন্তাধারার প্রবর্তন হয়।

উপরোক্ত বিজ্ঞানীগণ ব্যতীত Gregor Johan Mendel (গ্রেগর্ যোহান মেণ্ডেল)-এর নাম উল্লেখযোগ্য। তিনি বর্তমান যুগের Nuclear cytology বা নিউক্লীয় কোষবিদ্যা পাঠের পথপ্রদর্শক।

Cytological techniques (কোষবিদ্যাবিষয়ক ক্রিয়াপদ্ধতি)

প্রাচীন অণুবীক্ষণ যন্ত্র অতীব অবিন্যস্ত এবং ইহার magnification বা বিবর্ধন-ক্ষমতা অল্প ছিল। 1590 খ্রীষ্টাব্দে একজন চশমা-প্রস্তুতকারক প্রথম অণুবীক্ষণ যন্ত্র আবিষ্কার করেন। বিখ্যাত Galileo Galilei (গ্যালিলিও গ্যালিলি), যিনি telescope বা দূরবীক্ষণ যন্ত্র আবিষ্কারের দ্বারা জ্যোতির্বিদ্যার একটি শ্রেষ্ঠ অবদান রাখিয়া গিয়াছেন, অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সংস্কার করেন Robert Hook (রবার্ট হুক্) এবং Van Leeuwenhock (ফাঁ লিউভানহক্) কর্তৃক আবিষ্কৃত প্রাচীন অণুবীক্ষণ যন্ত্রের বিবর্ধন-ক্ষমতা 275 গুণের মধ্যে হইলেও তাঁহারা কোষ সম্বন্ধে প্রারম্ভিক ধারণা এবং কোষবিদ্যা পাঠের সূচনা করিয়াছিলেন। উন্নত ধরনের অণুবীক্ষণ যন্ত্রের (২নং চিত্র) আবিষ্কারের সাথে সাথেই কোষের আকৃতি ও কার্য সম্বন্ধে অধিকতর জ্ঞান অর্জন করা সম্ভবপর হইয়াছে, এবং বিংশ শতাব্দীর মধ্যভাগ হইতে জীববিজ্ঞানের উন্নতি হইতেছে। বর্তমান যুগে electron microscope (ইলেক্ট্রন অণুবীক্ষণ যন্ত্র) আবিষ্কারের দ্বারা ক্ষুদ্রতম কোষের বিভিন্ন অংশ এমনকি ভাইরাস্‌কেও 1,00,000 বা ততোধিক গুণ বিবর্ধিত করিয়া তাহাদের আলোকচিত্র গ্রহণ করা সম্ভবপর হইয়াছে।

1940 খ্রীষ্টাব্দে Albert Claude (অ্যালবার্ট ক্লড) নামক বিজ্ঞানী centrifuge (সেণ্ট্রিফিউজ) নামক যন্ত্রের সাহায্যে কোষকে বিভিন্ন গতিতে আবর্তিত করিয়া নিউক্লীয়স ও কোষের অন্যান্য উপাদানগুলিকে পৃথক করিতে সক্ষম হইয়াছেন। এই পদ্ধতিতে কোষের উপাদানের রাসায়নিক ও এনজাইম-সংক্রান্ত ক্রিয়াপদ্ধতি জানিতে পারা যায়। কোষের রাসায়নিক গঠন জানিবার সময় দেখা যায় যে, ইহার কয়েকটি পদার্থ বিশেষ কয়েক প্রকার stain বা রঞ্জক পদার্থের সহিত বিক্রিয়া করে। DNA, RNA প্রভৃতিকেও বিশেষ রঞ্জন পদার্থের

দ্বারা রঞ্জিত হইতে দেখা যায়। এইরূপে কোষের রাসায়নিক্ রঞ্জনপদ্ধতির দ্বারা ইহার অভ্যন্তরে কিরূপ পদার্থ বিদ্যমান এবং ইহাদের পরিমাণ কিরূপ তাহা জানিতে পারা যায়।

Torbjorn Casperson (টর্‌বিয়রন ক্যাস্‌পার্সন) নামক বিজ্ঞানী ultra-violet microscope (আলট্রাভায়োলেট অণুবীক্ষণ যন্ত্র) আবিষ্কার করেন। ইহা cytophotometry (সাইটোফোটোমেট্রি)-তে ব্যবহৃত হয়। আলট্রা-ভায়োলেট রশ্মির দ্বারা নিউক্লীক অ্যাসিড অতিরিক্ত রঞ্জকপদার্থ গ্রহণ করিতে সক্ষম হয় যাহা সাধারণ আলোকে সম্ভবপর নহে। নিউক্লীক অ্যাসিডের বিন্যাস, সংশ্লেষ এবং কোষমধ্যস্থ জটিল প্রোটিন সম্বন্ধে যাবতীয় তথ্য এই প্রকার অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে জানিতে পারা যায়।

উল্লিখিত কোষবিদ্যার ক্রিয়াপদ্ধতি দ্বারা জীববিজ্ঞানীগণ কোষের আকৃতি-গত বৈশিষ্ট্যগুলি যে শুধু জানিতে পারেন তাহাই নহে, ইহার বিভিন্ন গঠনের ক্রিয়াগুলিও অবগত হন।

দ্বিতীয় অধ্যায়

কোষ

(The Cell)

উদ্ভিদের যে-কোন অঙ্গ (যথা—মূল, কাণ্ড, পাতা ইত্যাদি) হইতে একটি পাতলা ছেদ লইয়া অণুবীক্ষণ যন্ত্রের দ্বারা পরীক্ষা করিলে বহু পরস্পর-সংলগ্ন গোলাকার অথবা বহুভুজ-ক্ষেত্রবিশিষ্ট প্রকোষ্ঠ দেখা দেয়। প্রত্যেক প্রকোষ্ঠের মধ্যে একটি ফাঁকা স্থান এবং উহার চারিদিকে একটি প্রাচীর থাকে ; এই প্রাচীরকে cell wall (**কোষপ্রাচীর**) বলে। ভাল করিয়া লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে, ফাঁকা স্থানটি অর্ধ-স্বচ্ছ আঠাল পদার্থে পরিপূর্ণ থাকে ; ইহাকে protoplasm (**প্রোটোপ্লাজম**) বলে। এই প্রোটোপ্লাজমই উদ্ভিদের প্রাণপদার্থ এবং প্রত্যেক প্রকোষ্ঠের সুব্যবস্থিত প্রোটোপ্লাজমকে protoplast (**প্রোটোপ্লাস্ট**) বলে।



৩নং চিত্র—উদ্ভিদের কোষ

কোষপ্রাচীর সমেত প্রোটোপ্লাস্টকে cell (**কোষ**, ৩নং চিত্র) বলে। কোষপ্রাচীর মৃত পদার্থ ; কোষকে নির্দিষ্ট আকৃতি ও দৃঢ়তা প্রদানের জন্য ইহা প্রোটোপ্লাজম হইতে গঠিত হয়। ইহা কোষের অত্যাবশ্যকীয় অংশ নহে ; কারণ জননকোষের কোন প্রাচীর থাকে না। এইরূপ প্রোটোপ্লাস্টকে naked (নগ্ন) বলে। প্রোটোপ্লাজমই কোষের অত্যাবশ্যকীয় অংশ কারণ ইহা কোষের প্রাণ ; এইজন্য প্রফেসার Huxley (হাক্সলে) ইহাকে 'physical basis of life' (জীবনের মূল ভিত্তি) বলিয়াছেন। কোষ হইতে প্রোটোপ্লাজম অদৃশ্য হইলে ইহাকে dead (মৃত) বলে। কোষই উদ্ভিদদেহ গঠনের মানস্বরূপ। কতকগুলি ইট পরস্পর সাজাইয়া যেমন একটি অট্টালিকা প্রস্তুত হয়, সেইরূপ সাধারণত অনেকগুলি কোষ সাজাইয়া উদ্ভিদের দেহ গঠিত হয়। কোষকে জৈবনিক কার্যের মানস্বরূপও বলা হয় ; কারণ ইহারাই গাছের সকল রকম কাজ করিয়া থাকে। সুতরাং কোষই উদ্ভিদের গঠন ও কার্যের মানস্বরূপ।

Parts of a cell (**কোষের অংশ**)—একটি আদর্শ উদ্ভিদকোষের দুইটি প্রধান অংশ আছে : protoplasm (প্রোটোপ্লাজম) এবং cell wall (কোষপ্রাচীর)। প্রোটোপ্লাজমে প্রধানত nucleus (নিউক্লীয়স), plastids (প্লাস্টিড), cytoplasm (সাইটোপ্লাজম), chondriosome (কন্‌ড্রিয়োসোম) অথবা mitochondria (মাইটোকন্‌ড্রিয়া) থাকে, এবং ইহা ব্যতীত সময় সময় golgi bodies (গলগি বডিস), centrosome (সেন্ট্রোসোম), vacuoles (কোষগহ্বর), এবং ergastic substances (আরগাষ্টিক পদার্থ) থাকে। Hanstein (হানস্টাইন) নামক জীববিজ্ঞানীর মতে আদর্শ প্রোটোপ্লাস্টে জীবন্ত ও সুব্যবস্থিত প্রোটোপ্লাজম ও উহার চারিদিকে একটি প্রাচীর থাকে।

Protoplasm (প্রোটোপ্লাজম)

জীবন্ত কোষে প্রোটোপ্লাজম নামক একপ্রকার জটিল জীবিত পদার্থ দেখিতে পাওয়া যায়। ইহাকে বিজ্ঞানী Huxley (হাক্সলে) 'physical basis of life' (জীবনের মূল ভিত্তি) বলিয়া অভিহিত করিয়াছেন। বিজ্ঞানী Wilson (উইলসন্) বলেন যে, প্রোটোপ্লাজম কয়েকটি রাসায়নিক পদার্থের সমষ্টি মাত্র। বিজ্ঞানী Thomson (থম্‌সন)-এর মতে প্রোটোপ্লাজম একটি বিস্ময়কর গতিশীল পদার্থ যাহার সম্বন্ধে সুস্পষ্ট ধারণা করা সম্ভবপর নহে।

প্রোটোপ্লাজমের ভৌত গঠন অনুযায়ী ইহা ঘন, আঠাল, স্থিতিস্থাপক, অর্ধ-স্বচ্ছ জেলির ন্যায় পদার্থ বিশেষ। ইহা কতকটা দানাদার এবং জলের দ্বারা সম্পৃক্ত। ইহার ঘনত্ব জলের পরিমাণের উপর নির্ভর করে। জল অপসারিত হইলে ইহা আর জৈবনিক কার্য করে না ও ক্রমশ কঠিন হয়।

বর্তমানে বিজ্ঞানীগণ মনে করেন যে, প্রোটোপ্লাজম নানা প্রকার জটিল এবং বিক্ষিপ্ত পদার্থের সমষ্টি যাহাদের আকৃতি দানাদার, গোলাকার, সূত্রাকার বা জালিকাকার হইতে পারে, এবং আয়তনের তুলনায় ইহারা বিস্তৃত স্থান অধিকার করিয়া থাকে। প্রোটোপ্লাজমের মূল উপাদানগুলি মৃত হইলেও সমষ্টিগতভাবে ইহা জীবিত।

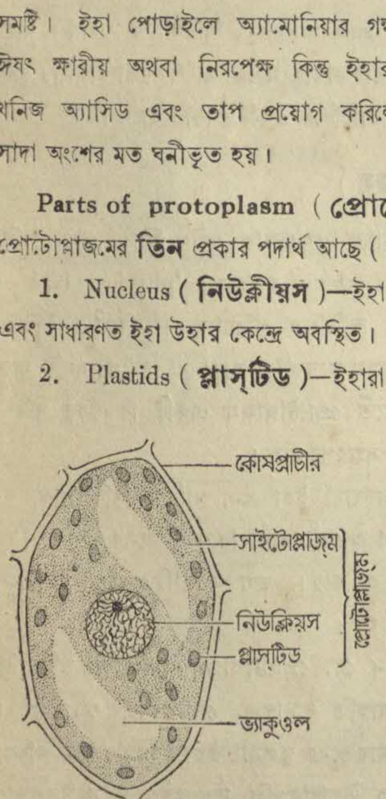
রাসায়নিক গঠন অনুযায়ী প্রোটোপ্লাজম অতি জটিল পদার্থ। ইহার সঠিক উপাদান জানা বিশেষ কঠিন ; কারণ বিশ্লেষণের সময় ইহা মরিয়া যায় এবং মৃত প্রোটোপ্লাজমের উপাদান সজীব প্রোটোপ্লাজমের উপাদান হইতে সম্পূর্ণ বিভিন্ন। যাহা হউক এ পর্যন্ত জানা গিয়াছে যে, ইহা কার্বোহাইড্রেট, প্রোটিন, লিপিড,

জল এবং অজৈব লবণ দিয়া গঠিত, এবং ইহাদের মধ্যে কার্বন, হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, গন্ধক ও সময় সময় ফস্‌ফরস নামক মৌলিক পদার্থ থাকে। প্রোটোপ্লাজমের জলই প্রধান উপাদান কারণ ইহাতে সমগ্র আয়তনের শতকরা প্রায় 50 হইতে 70 ভাগ জল আছে। অবিচ্ছিন্ন অবস্থায় ইহাতে নাইট্রেট, সালফেট, ক্লোরাইড প্রভৃতি নানা প্রকার লবণের দ্রবণ থাকে কিন্তু বিক্ষিপ্ত অবস্থায় ইহা প্রধানত কার্বোহাইড্রেট, প্রোটিন, চর্বি প্রভৃতি জৈব পদার্থের সমষ্টি। ইহা পোড়াইলে অ্যামোনিয়ার গন্ধ নির্গত হয়। সজীব প্রোটোপ্লাজম ঈষৎ ক্ষারীয় অথবা নিরপেক্ষ কিন্তু ইহার কোন আম্লিক ধর্ম নাই। সুরাসার, খনিজ অ্যাসিড এবং তাপ প্রয়োগ করিলে প্রোটোপ্লাজম তাপের প্রভাবে ডিমের সাদা অংশের মত ঘনীভূত হয়।

Parts of protoplasm (প্রোটোপ্লাজমের বিভিন্ন অংশ)—প্রোটোপ্লাজমের **তিন** প্রকার পদার্থ আছে (৪নং চিত্র)—

1. Nucleus (**নিউক্লীয়স**)—ইহা প্রোটোপ্লাজমের সর্বাপেক্ষা ঘন অংশ এবং সাধারণত ইহা উহার কেন্দ্রে অবস্থিত।

2. Plastids (**প্লাস্‌টিড**)—ইহারা প্রোটোপ্লাজমের ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র ঘন অংশ-বিশেষ। ছত্রাক জাতীয় উদ্ভিদ ব্যতীত প্রায় সকল উদ্ভিদেই ইহাদের দেখিতে পাওয়া যায়।



৪ নং চিত্র—আদর্শ উদ্ভিদকোষ

3. Cytoplasm (**সাইটোপ্লাজম**)— প্রোটোপ্লাজম হইতে উপরোক্ত ঘন অংশগুলি বাদ দিলে যে স্বচ্ছ, চটচটে ও বর্ণহীন অংশ পড়িয়া থাকে তাহাকে cytoplasm (সাইটোপ্লাজম) বলে।

Function of protoplasm (প্রোটোপ্লাজমের কার্য)—প্রোটোপ্লাজম জীবনধারণের সকল প্রকার কাজ করে। প্রোটোপ্লাজমই পোষণ ও অন্যান্য রাসায়নিক প্রক্রিয়া সম্পাদন করে; ইহার মধ্যেই বিভিন্ন শক্তির বিনিময় হয়। উত্তেজিত্ব, যাহা সজীব পদার্থের বৈশিষ্ট্য, তাহা প্রোটোপ্লাজমের মধ্যে থাকে। ইহার ভিতরে

যে-সকল বিভিন্ন মৌলিক পদার্থ প্রবেশ করে, তাহাদিগকে সম্মিলিত করিয়া নিজের মত পদার্থ (অর্থাৎ প্রোটোপ্লাজম) গঠন করে। প্রোটোপ্লাজম জননসম্বন্ধীয় সকল কার্যই করে।

Test for protoplasm (প্রোটোপ্লাজমের পরীক্ষা)–(1) আইওডিন দ্রবে ইহা ঈষৎ পিঙ্গলবর্ণ ধারণ করে; (2) ইহাকে নাইট্রিক অ্যাসিডে গরম করিলে হরিদ্রা বর্ণের হয়, কিন্তু ইহাকে ঠাণ্ডা করিয়া অ্যামোনিয়া প্রয়োগ করিলে কমলা রঙের হয়; ইহাই Xantho-protein test (**জান্থো-প্রোটিন পরীক্ষা**); (3) ইহাকে মিলনের বিকার অর্থাৎ পারদঘটিত নাইট্রেটের সহিত উত্তপ্ত করিলে সুরকির গুঁড়ার রঙের মত হয়; ইহাকে বলা হয় Millons test (**মিলনের পরীক্ষা**); (4) সাল্‌ফিউরিক অ্যাসিড ও ইক্ষু-শর্করার সংস্পর্শে আসিলে প্রোটোপ্লাজম গোলাপী রঙের হয়; (5) ইহা কষ্টিক পটাশ অথবা ইউ-ডি-জ্যাভেলে (সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইটের দ্রব) সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত হয়।

1. Nucleus (নিউক্লীয়স):

প্রোটোপ্লাজমের বিশিষ্ট অংশকে নিউক্লীয়স বলে। নীলাভ-হরিৎ শৈবালসমূহ ও ব্যাকটেরিয়া ব্যতীত সকল উদ্ভিদের কোষে নিউক্লীয়স থাকে।

সাধারণত প্রত্যেক কোষে একটিমাত্র নিউক্লীয়স থাকে। কিন্তু ছত্রাক, কতিপয় শেওলা এবং কয়েকটি জননকোষে বহু নিউক্লীয়স থাকে। **দুই** প্রকারে কোষ বহু নিউক্লীয়সযুক্ত হইয়া থাকে; যথা—(1) নিউক্লীয়স বিভক্ত হইয়া অথবা (2) পার্শ্ববর্তী কোষগুলির প্রাচীর বিনষ্ট হইয়া। শেষোক্ত প্রকার উপায়ে latex vessels (**ক্ষীরনালী**) বহু নিউক্লীয়সযুক্ত হয়। কোন কোন ক্ষেত্রে একটি কোষ বহুশাখান্বিত এবং পর্দাবিহীন হইয়া বহু নিউক্লীয়সযুক্ত নলে পরিণত হয়। ইহাকে coenocyte (**সিনোসাইট**) বলে; যথা *Mucor* (মিউকোর), *Voucheria* (ভাউচিরিয়া) প্রভৃতি।

সাধারণত নিউক্লীয়স গোলাকার বা উপবৃত্তাকার হয়; সময় সময় ইহা লম্বা, ডাম্বেলাকৃতি অথবা অর্ধ-চন্দ্রাকৃতিও হয়। ইহার আয়তনও বিভিন্ন প্রকারের। সাধারণত একবীজপত্রী উদ্ভিদে ও পাইন-গোত্রের (Coniferae) উদ্ভিদে নিউক্লীয়স বড় হয়, তবে ছত্রাকের ক্ষেত্রে ইহা সর্বাপেক্ষা ছোট। Meristomatic tissues বা ভাজক কলার কোষগুলি ছোট বলিয়া নিউক্লীয়সটি বেশ বড় বলিয়া বোধ হয়, কিন্তু কোষ বড় হইলে ইহা আর সেরূপ বড় দেখায় না।

সাধারণত নিউক্লীয়স কোষের কেন্দ্রস্থানে থাকে। অনেকগুলি vacuole (ভ্যাকুওল) থাকিলেও ইহাকে কেন্দ্রে দেখা যায়। কিন্তু একটিমাত্র বড় ভ্যাকুওল থাকিলে ইহা সাইটোপ্লাজমের বহির্ভাগে অথবা উহার কেন্দ্রে থাকে; শেষোক্ত ক্ষেত্রে ইহা cytoplasmic strands বা সাইটোপ্লাজমীয় সূত্রের দ্বারা বহিঃস্থ সাইটো-প্লাজমের সহিত সংযুক্ত থাকে।

রাসায়নিক বিশ্লেষণ করিলে দেখা যায়, ইহা প্রোটোপ্লাজমের মত এবং ইহাতে কার্বন, হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, গন্ধক এবং যথেষ্ট পরিমাণ ফসফরাস নামক মৌলিক পদার্থ থাকে। ইহাতে সর্বদা nuclein (**নিউক্লীন**) নামক নিউক্লীয়ো-প্রোটিন পদার্থ এবং প্রোটামিন, হিস্টোন প্রভৃতি প্রোটিন জাতীয় পদার্থ থাকে।

নিউক্লীয়স কথনো নূতন করিয়া সৃষ্ট হয় না। ইহা সর্বদাই পূর্বের নিউক্লীয়স হইতে সহজ বা জটিল উপায়ে উৎপন্ন হয়। Amitosis (অ্যামাইটোসিস্) একপ্রকার সহজ নিউক্লীয় বিভাগ। ইহাতে নিউক্লীয়স দুইটি অসমান অংশে বিভক্ত হয়।

Structure of nucleus (**নিউক্লীয়সের গঠন**, ৫নং চিত্র)—অবিভক্ত বা স্থির নিউক্লীয়সের গঠন নিম্নপ্রকার হইয়া থাকে—

(*i*) Nuclear membrane (**নিউক্লীয় মেমব্রেন**)—ইহা নিউক্লীয়সের সূক্ষ্ম পরদাবিশেষ এবং ইহা নিউক্লীয়সকে প্রোটোপ্লাজম হইতে পৃথক করে।

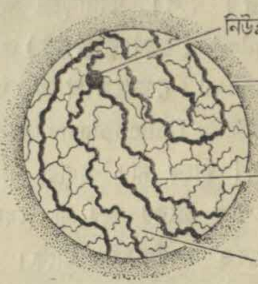
(*ii*) Karyolymph (**কেরিওলিম্ফ**)—ইহা নিউক্লীয়সের মধ্যস্থলে অবস্থিত ঘন জেলির মত অংশ। ইহাতে নিউক্লীয় বিভাগের জন্য খাদ্য সঞ্চিত থাকে। কেরিওলিম্ফের ভিতর যে জলীয় পদার্থ থাকে, তাহাকে nuclear sap (**নিউক্লীয় রস**) বলে।

(*ii*) Nuclear reticulum (**নিউক্লীয় জালিকা**)—নিউক্লীয়সের অভ্যন্তরে খুব সূক্ষ্ম সূক্ষ্ম সূতার মত বস্তুর দ্বারা তৈয়ারি একটি জালের মত বস্তু দেখিতে পাওয়া যায়। উহাই নিউক্লীয়সের প্রধান অংশ। পরে কোষ বিভাজনের সময় এই জালিকাটিকেই chromosomes (**ক্রোমোজোমস্**) রূপে দেখা যায়। এই ক্রোমোজোমেতেই histone (হিস্টোন) নামক প্রোটিন, একটি অধিকতর জটিল প্রোটিন, deoxyribonucleic acid[1] (ডি-অক্সিরাইবোনিউক্লীক

১। সংক্ষেপে ইহাকে DNA বলে।

অ্যাসিড), এবং ribonucleic acid[১] (রাইবোনিউক্লীক অ্যাসিড) থাকে। ক্রোমোজোম নিউক্লীয়সের সর্বাপেক্ষা প্রয়োজনীয় অংশ, কারণ ইহারাই পিতামাতার গুণাবলী সন্তান-সন্ততিতে বহন করে। মনে রাখিতে হইবে যে, একই উদ্ভিদের প্রত্যেক শারীর কোষে ক্রোমোজোমের সংখ্যা সমান।

(*iv*) Nucleolus (**নিউক্লীয়োলাস**)—ইহা কেরিওলিম্ফের মধ্যে সর্বাপেক্ষা ঘন অংশ। তবে অনেকে ইহাকে ক্রোমোজোমেরই অংশ বিশেষ বলিয়া মনে করেন। ইহা প্রোটিন ও RNA-এর দ্বারা গঠিত। ইহা গোলাকার এবং ইহার সংখ্যা সাধারণত একটি, তবে একাধিকও হইতে পারে।



৫নং চিত্র—নিউক্লীয়সের গঠন

Functions of nucleus (**নিউক্লীয়সের কার্য**)—ইহা প্রোটোপ্লাজমের সকল কার্য নিয়ন্ত্রণ করে। এইজন্য ইহাকে কোষের brain (মস্তিষ্ক) বলা হয়। নিউক্লীয়স পিতামাতার গুণাবলী সন্তান-সন্ততির নিউক্লীয়সের মধ্যে বহন করিয়া লইয়া যায়।

2. Plastids (প্লাস্টিড) :

সাইটোপ্লাজমের মধ্যে যে-সকল ক্ষুদ্র, দানাদার সজীব অংশ থাকে তাহাদিগকে plastids (প্লাস্টিড) বলে।

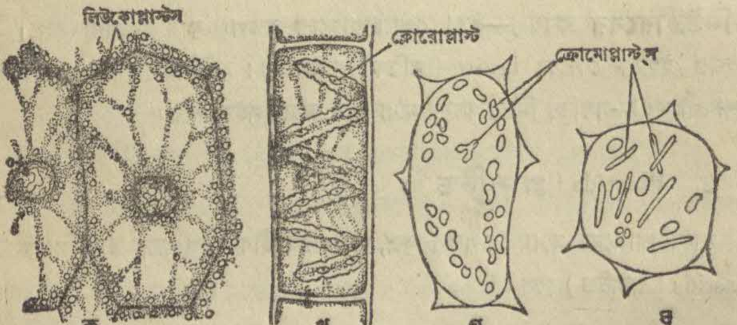
Occurence, origin and structure of plastids (**প্লাসটিডের সংঘটন, উদ্ভব ও গঠন**)—ছত্রাক, ব্যাক্‌টিরিয়া, মিক্সোমাইসিটিস্ ও নীলাভ-হরিৎ শেওলা ব্যতীত অন্য সকল উদ্ভিদে প্লাস্টিড থাকে। ইহারা তরুণ কোষে দেখিতে হয় বর্ণহীন ও নিউক্লীয়সের চারিদিকে সাইটোপ্লাজমের মধ্যে নিহিত থাকে ; কিন্তু কোষের বৃদ্ধির সঙ্গে নিউক্লীয়স হইতে দূরে সরিয়া যায় ও নানাবিধ বর্ণ ধারণ করে। ইহারা সাধারণত আকারে ছোট হয়। অধিকাংশ শেওলার কোষে একটিমাত্র প্লাসটিড থাকে, কিন্তু *Zygnema* (জিগ্‌নিমা)-তে দুইটি ও

১। সংক্ষেপে ইহাকে RNA বলা হয়।

অধিকাংশ উদ্ভিদে অনেকগুলি প্লাস্টিড থাকে। প্লাসটিড কখনো নূতন করিয়া সৃষ্ট হয় না। সকল সময়ে পূর্বতন প্লাস্টিড বিভক্ত হইয়া নূতন প্লাস্টিড গঠিত হয়।

Types of plastids (প্লাস্টিডের প্রকার, ৬নং চিত্র)—প্লাস্টিড সাধারণত **দুই** প্রকার—(1) Leucoplastids (**অবর্ণপ্লাসটিড**) অর্থাৎ যাহাদের কোন বর্ণ থাকে না ; এবং (2) Chromoplastids (**বর্ণপ্লাস্টিড**) অর্থাৎ যাহাদের বর্ণ থাকে। কখনো কখনো বর্ণপ্লাস্টিডকে chromatophore (**ক্রোমাটোফোর**) বলে। বর্ণপ্লাস্টিড আবার **দুই** রকমের ; সবুজবর্ণের প্লাস্টিডকে chloroplast (**ক্লোরোপ্লাস্ট**) এবং সবুজবর্ণ ব্যতীত অপর বর্ণযুক্ত প্লাস্টিডকে chromoplast (**ক্রোমোপ্লাস্ট**) বলে।

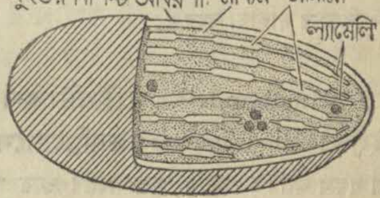
Leucoplastids or Leucoplasts (**অবর্ণপ্লাস্টিড বা লিউকোপ্লাস্ট**) —ইহাদের কোন বর্ণ থাকে না। ইহারা গাছের সেই সকল অংশে থাকে, যেখানে কোন আলোক প্রবেশ করে না ; যেমন—মূল, মৃদ্‌গত কাণ্ড প্রভৃতি। ভাজক কলার কোষেও অবর্ণপ্লাস্টিড থাকে। ইহারা গোলাকার, মূলাকার বা বেলনাকার হইতে পারে। আলোকের সংস্পর্শে আসিলে ইহারা সবুজবর্ণের



৬নং চিত্র—বিভিন্ন প্রকারের প্লাস্টিড

হয় অর্থাৎ ক্লোরোপ্লাস্টে পরিণত হয়। অবর্ণপ্লাস্টিড **দুই** প্রকার—ছোট ও বড়। ছোট প্লাস্টিডগুলি ক্রমশ আকারে বড় হয়, অথবা ইহারা দৈবক্রমে ক্লোরোপ্লাস্টে বা ক্রোমোপ্লাস্টে পরিণত হয়। বড় প্লাস্টিডগুলিকে amyloplast (**অ্যামাইলোপ্লাস্ট**) বা শ্বেতসার প্রস্তুতকারক বলে, কারণ, ইহারা অন্ধকারে শর্করা হইতে শ্বেতসার প্রস্তুত করে এবং ইহারা rhizome (রাইজোম), corm (করম) প্রভৃতি মৃদ্‌গত কাণ্ডে **সঞ্চিত** থাকে।

Chloroplast (**ক্লোরোপ্লাস্ট**)—ইহারা সবুজবর্ণের এবং সাধারণত কোষের সাইটোপ্লাজমে বিক্ষিপ্ত থাকে। ছোট অবর্ণপ্লাস্টিডগুলি আলোক পাইলেও সূর্যালোকের প্রভাবে উহাদের দেহে ক্লোরোফিল বা পত্রহরিৎ উৎপন্ন হইলে উহারা ক্লোরোপ্লাস্টে পরিণত হয়; সুতরাং গাছের যে-সকল অংশ আলো পায় সেইখানে ইহারা অবস্থান করে। ইহারা সাধারণত চ্যাপ্টা চাক্তির মত, অথবা গোলাকার বা ডিম্বাকার হয়। কিন্তু ইহারা সময় সময় অন্য প্রকারেরও হইতে পারে; যথা, জালিকার মত, যেমন—*Oedogonium* (ইডোগোনিয়াম); সর্পিল ফিতার মত, যেমন—*Spirogyra* (স্পাইরোগাইরা), রশ্মিযুক্ত চাক্তির মত, যেমন—Desmids (ডেস্‌মিড), *Zygnema* (জিগ্‌নিমা); লাটিমের মত, যেমন—*Anthoceros* (এনথোসেরস) ইত্যাদি। কোনো কোন নিম্নশ্রেণীর উদ্ভিদে ক্রোমোটোফোর লোহিত বা পিঙ্গল বর্ণের হয়। ইহাদের ক্লোরোফিল আছে বটে, কিন্তু উহা অন্যান্য বর্ণের দ্বারা আবৃত থাকে। ক্লোরোপ্লাস্টের দীর্ঘচ্ছেদ (৭নং চিত্র) পরীক্ষা করিলে দেখা যায় যে, ইহা সাধারণ সাইটোপ্লাজম হইতে একটি দুই-স্তর-বিশিষ্ট পর্দার দ্বারা পৃথক অবস্থায় আছে। এই আবরণটির মধ্যে সমান্তরালভাবে সজ্জিত এবং গাদা করিয়া রাখা অবস্থায় কয়েক জোড়া পর্দা থাকে; ইহাদিগকে lamellae (**ল্যামেলী**) বলে। Chlorophyll (ক্লোরোফিল) ও উহার আনুষঙ্গিক অন্যান্য রং এই ল্যামেলীতেই থাকে। এই অংশগুলি যদি ল্যামেলীর অংশবিশেষে ঘনীভূত হইয়া থাকে এবং ঐ অংশগুলি আবার পরস্পর একের উপরে এক, এইভাবে সাজান থাকে, তাহা হইলে সমগ্র স্তূপটিকে granum (**গ্রানাম্**) বলা হয়। প্লাস্টিডের সাধারণ মাধ্যম বা ম্যাট্রিক্স (matrix)-কে stroma (**স্ট্রোমা**) বলে।



৭নং চিত্র—একটি ক্লোরোপ্লাসটিডের অনুদৈর্ঘ্যচ্ছেদের অনুচিত্র

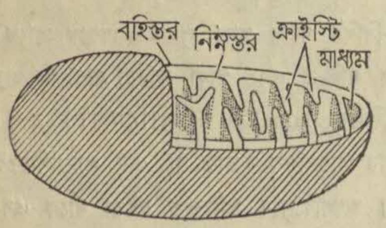
সময় সময় ক্লোরোপ্লাস্টের মধ্যে বা উপরে pyrenoid (**পাইরেনয়েড**) নামক একপ্রকার প্রোটিনজাতীয় পদার্থ সঞ্চিত থাকে;—যথা—সবুজ ও লোহিত বর্ণের শেওলা এবং কোন কোন liverwort (লিভারওয়ার্ট)।

ক্লোরোপ্লাস্টের কার্য **দুই** প্রকার—ইহা ক্লোরোফিল ও সূর্যালোকের সাহায্যে কার্বন ডাই-অক্‌সাইড ও জল হইতে অদ্রবণীয় শ্বেতসার প্রস্তুত করে।

Chromoplast (**ক্রোমোপ্লাস্ট**)—ক্রোমোপ্লাস্টের বর্ণ হরিৎ হইতে লাল হয়; কারণ, ইহাতে ক্যারোটিন (হরিৎ) ও জ্যান্থোফিল (কমলা) নামক দুই প্রকার carotenoid (**ক্যারোটীনয়েড**) রং থাকে। ইহারা নানা আকৃতির হয়; যথা—গোলাকার, লাটিমাকার, কৌণিক, অনিয়তাকার ইত্যাদি। ক্রোমোপ্লাস্ট সাধারণত হরিৎ ও লাল পুষ্পপত্রের কোষে অথবা হরিৎ, নারাঙ বা লাল ফলের ত্বকের কোষে থাকে। সময় সময় ইহা মূলেও থাকে; যেমন—গাজর। ক্লোরোপ্লাস্ট হইতে ক্রোমোপ্লাস্ট গঠিত হয়। ক্রোমোপ্লাস্টের কার্য সম্বন্ধে সঠিক জানা নাই। তবে ইহা ফুলের বা ফলের উজ্জ্বল রঙের সাহায্যে কীটপতঙ্গ অথবা পশুপক্ষীকে আকৃষ্ট করিয়া যথাক্রমে পরাগযোগ অথবা ফল ও বীজের বিস্তারে সাহায্য করে।

3. Mitochondria (**মাইটোকনড্রিয়া**, ৮নং চিত্র)

ইহাদের chondriosomes (**কন্‌ড্রিয়োসোম**) বলিয়াও গণ্য করা হয়। ইহরা সকল জীবিত কোষে ক্ষুদ্র দন্তের ন্যায় অথবা দানাদার অথবা সূত্রাকার অংশরূপে দেখিতে পাওয়া যায়। ইহাদের কোষের মধ্যে কখনো কখনো অদৃশ্য হইতে দেখা যায়। ইহারা সাইটোপ্লাজমের স্থায়ী অংশ এবং পূর্বতন মাইটো-কনড্রিয়া হইতে উৎপন্ন হয়। Electron microscope বা ইলেকট্রন অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে পরীক্ষা করিলে মাইটোকনড্রিয়ার matrix বা ম্যাট্রিক্সের চারিপাশে একটি দুই স্তর-বিশিষ্ট আবরণ দেখিতে পাওয়া যায়। বাহিরের স্তরটি অত্যন্ত স্থিতিস্থাপক ও ভিতরেরটি দেখিতে কতকগুলি দুমড়ানো পাতের ন্যায়; এইগুলিকে cristae (**ক্রাইস্টি**) বলে।



৮ নং চিত্র—একটি মাইটোকেনড্রিয়ার অনুদৈর্ঘ্যচ্ছেদের অণুচিত্র

মাইটোকনড্রিয়া হইতে প্লাসটিড গঠিত হয় এবং কোষের স্থায়ী অংশ হিসাবে শুক্রাণু এবং ডিম্বাণুর মধ্য দিয়া বিভিন্ন উদ্ভিদের মধ্যে সঞ্চারিত হয়। ইহারা শ্বাসকার্যের সময় বিয়োজক পদার্থরূপে কার্য করে। প্রোটিন এবং বিভিন্ন

যৌগিক পদার্থের সহিত ইহারা রাসায়নিক ক্রিয়া সাধন করে। মাইটোকন্ড্রিয়া 'জৈবিক শক্তির উৎস'।

4. Golgi bodies (গলগি বডি) :

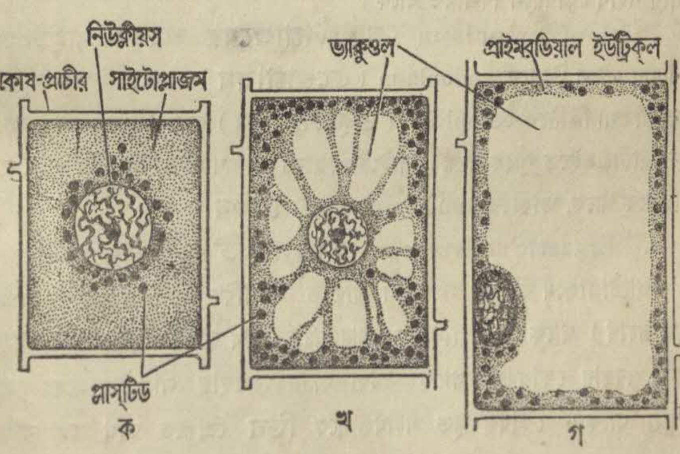
বিশেষ প্রণালীতে প্রস্তুত করিলে ইহাদের onion (পিঁয়াজ), lily (লিলি) প্রভৃতি কয়েকটি উদ্ভিদের মূলের অগ্রভাগের কোষে দেখিতে পাওয়া যায় ; অবশ্য সকল প্রাণিকোষে ইহারা বর্তমান থাকে। সাইটোপ্লাজমের মধ্যে ইহাদের জালিকার ন্যায় দেখায় এবং নিঃসরণের সময় ইহারা বিশেষ অংশ গ্রহণ করে। ইহাদের কার্য সম্বন্ধেও সঠিক কিছু জানা নাই।

5. Centrosomes (সেন্ট্রোসোম) :

সকল প্রাণিকোষে এবং Ascomycetes (অ্যাস্কোমাইসিটিস্), *Fucuss* (ফিউকাস্) প্রভৃতি অল্প কয়েকটির উদ্ভিদকোষে ইহাদের দেখিতে পাওয়া যায়। প্রতি সেন্ট্রোসোমে একটি কেন্দ্রীয় দানাদার অংশ centriole (সেন্ট্রিয়োল) আছে, যাহা centrosphere (সেন্ট্রোস্ফিয়ার) নামক স্বচ্ছ মাধ্যমে অবস্থিত। কোষ বিভাজনের সময় প্রতি সেন্ট্রোসোম একপ্রকার বিকীর্ণ রশ্মির দ্বারা আবৃত হয় যাহাকে astral rays (অ্যাস্ট্রাল রশ্মি) বলে এবং ইহারাও বিভাজিত হয়।

6. Cytoplasm (সাইটোপ্লাজম) :

প্রোটোপ্লাজম হইতে নিউক্লীয়স প্লাস্টিড বাদ দিলে যে স্বচ্ছ, চট্‌চটে



৯নং চিত্র—ভ্যাকুওল গঠনের ক্রমিক পর্যায়

বর্ণহীন অংশ পড়িয়া থাকে, তাহাকে cytoplasm (**সাইটোপ্লাজম**) বলে। তরুণ কোষ সাইটোপ্লাজম দ্বারা পূর্ণ থাকে। কোষ বড় হইবার সময় সাইটো-

প্লাজম সেই অনুপাতে নূতন করিয়া সৃষ্টি হয় না বলিয়া উহার মধ্যে বহু ছোট ছোট vacuole (**ভ্যাকুওল**) উৎপন্ন হয়। অবশেষে সকল ভ্যাকুওল একত্রিত ও মিলিত হইয়া কোষের কেন্দ্রস্থলে একটি বড় ভ্যাকুওল গঠন করে (৯নং চিত্র)। এই সময় সাইটোপ্লাজম কোষপ্রাচীরের নীচে primordial utricle (প্রাইমর্‌ডিয়াল ইউট্রিকল) নামক পাতলা স্তরে পরিণত হয়। ভ্যাকুওলের ভিতরের স্থান কখনো শূন্য থাকে না, ইহা cell sap (**কোষরস**) দ্বারা পূর্ণ থাকে। কোষরসে সাধারণ জল থাকে না, নানাবিধ রাসায়নিক দ্রব্য ইহাতে দ্রবীভূত বা বিলম্বিত থাকে। কোষরসের প্রধান উপাদান হইতেছে—(1) organic acids (**জৈব অ্যাসিড**), যথা—ম্যালিক, অক্সালিক প্রভৃতি অ্যাসিড ও তাহাদের লবণ ; (2) reserve materials (**সঞ্চিত খাদ্য**)—(ক) carbohydrates (কার্বোহাইড্রেট), যথা—দ্রাক্ষা-শর্করা, ইক্ষু-শর্করা, ইনিউলিন প্রভৃতি ; (খ) proteins (প্রোটিন), যথা—অ্যামাইড বা অ্যাস্পারাজিন, অ্যালিউরোন দানা প্রভৃতি ; (3) inorganic salts (**অজৈব লবণ**) যথা—নাইট্রেট, সাল্‌ফেট, ফস্‌ফেট প্রভৃতি ; (4) excretory products (**বর্জ্য পদার্থ**), যথা—উপক্ষার, ট্যানিন, গ্লুকোসাইড প্রভৃতি ; (5) colouring matters (**রঞ্জক পদার্থ**)—অ্যান্থোসায়ানিন নামক রঞ্জক পদার্থ কোষরসকে রঞ্জিত করে। (5) সময় সময় তৈল, গঁদ, ট্যানিন, শ্বেতসার প্রভৃতি কঠিন বা জলীয় পদার্থ কোষরসে বিলম্বিত থাকে।

Parts of cytoplasm (সাইটোপ্লাজমের অংশ)—সাইটোপ্লাজম দানাদার হইলে উহাকে endoplasm (**এণ্ডোপ্লাজম**) বলে। ইহার বাহিরের স্বচ্ছ পাতলা ঝিল্লীকে ectoplasm (**এক্‌টোপ্লাজম**) বলে। ইহা এণ্ডোপ্লাজমকে কোষপ্রাচীর হইতে পৃথক করে। সাইটোপ্লাজমের যে পাতলা অংশটি ভ্যাকুওলের চারিদিকে থাকে, তাহাকে tonoplasm (**টনোপ্লাজম**) বলে।

8. Ergastic substances (আরগাস্টিক পদার্থ) :

প্রোটোপ্লাজমে জীবিত অংশগুলি ব্যতীত নানাবিধ non-living contents (মৃত পদার্থ) থাকে। ইহাদিগকে আরগাষ্টিক পদার্থ বলে। ইহাদের অধিকাংশই তরল অবস্থায় কোষরসে থাকে অথবা কঠিন অবস্থায় সাইটোপ্লাজমের মধ্যে বিক্ষিপ্ত থাকে। কোষস্থ মৃত পদার্থগুলিকে **তিন** শ্রেণীতে ভাগ করা যাইতে পারে—(*a*) reserve materials (**সঞ্চিত বস্তু**), (*b*) secretory products (**অন্তঃক্ষরিত বস্তু**) ও (*c*) waste products (**বর্জিত বস্তু**)। ইহাদের সম্বন্ধে বিস্তৃত আলোচনা প্রথম ভাগ histology বা কলাস্থানে করা হইয়াছে।

তৃতীয় অধ্যায়

কোষ উৎপাদন

(Cell Formation)

নূতন কোষ উৎপাদন জীবজগতের একটি আদর্শগত বৈচিত্র্য। ইহার দ্বারা জীবিত কোষগুলি বিভক্ত হইয়া দুইটি বা ততোধিক নূতন কোষে পরিণত হয়। কোষ উৎপাদনই জীবের বৃদ্ধি এবং গঠনের মূল উৎস।

এককোষী জীবের ক্ষেত্রে একটিমাত্র কোষই পুনঃ পুনঃ বিভক্ত হইয়া বহু সংখ্যক এককোষী জীবের সৃষ্টি করে। বহুকোষী জীবের ক্ষেত্রে একটি মাত্র কোষ হইতেই ইহার জীবনচক্রের সূচনা হয় এবং উহা পুনঃ পুনঃ বিভক্ত হইয়া বহুসংখ্যক কোষের সৃষ্টি করে, যেগুলি একত্রিত এবং বিন্যাসিত হইয়া বহুকোষী জীব গঠন করে। দেখা গিয়াছে যে, একটি পরিণত মনুষ্যদেহ প্রায় 10^{14} কোষ দ্বারা গঠিত।

কোষ-বিভাজন পদ্ধতি প্রধানত **দুই** প্রকারের : যথা mitosis (মাইটোসিস্) ও meiosis (মায়োসিস্)। মাইটোসিস্ কোষ-বিভাজন প্রক্রিয়া উদ্ভিদের শরীরের যে-কোন সাধারণ কোষের ক্ষেত্রেই সংঘটিত হইতে পারে, এবং ইহাতে নিউক্লীয়স ও সাইটোপ্লাজম উভয়ই অংশ গ্রহণ করে। প্রতি মাইটোসিস্ বিভাজনে নিউক্লীয়সের প্রতিটি ক্রোমোজোম দৈর্ঘ্যে দুইটি অংশে বিভক্ত হয় এবং প্রতিটি অপত্যকোষে মাতৃ নিউক্লীয়সের সমসংখ্যক ক্রোমোজোম থাকে। অপত্যকোষগুলি পুনঃ পুনঃ সম আকৃতিবিশিষ্ট কোষে বিভক্ত ও বিন্যাসিত হইয়া পরিণত জীবদেহ ধারণ করে।

পরন্তু মায়োসিস্ একটি বিশিষ্ট কোষ-বিভাজন পদ্ধতি, এবং ইহার দ্বারা germ cells (যৌন কোষগুলি) উৎপন্ন হয় যাহা যৌন জননে অংশ গ্রহণ করে। এই প্রক্রিয়ার অপত্যকোষের ক্রোমোজোম সংখ্যা দেহকোষের ক্রোমোজোম সংখ্যার অর্ধেকে পরিণত হয়। সেইজন্য দেহকোষকে বলা হয় diploid (ডিপ্লয়েড) অথবা ডিপ্লয়েড ক্রোমোজোম সংখ্যাবিশিষ্ট এবং হ্রাসপ্রাপ্ত ক্রোমোজোম সংখ্যা-বিশিষ্ট যৌন কোষকে বলা হয় haploid (হাপ্লয়েড)। দুইটি হাপ্লয়েড যৌন কোষের নিষেকের ফলে পুনরায় ডিপ্লয়েড কোষের আবির্ভাব ঘটে।

তৃতীয় প্রকারের কোষ-বিভাজন পদ্ধতিও কদাচিৎ দেখিতে পাওয়া যায়। ইহাকে amitosis (অ্যামাইটোসিস্) বলে। Myxophyceae বা একপ্রকার নীলাভ সবুজবর্ণের শৈবালের ক্ষেত্রে প্রকৃত নিউক্লীয়স বা ক্রোমোজোম দেখা যায় না, এবং ইহাদের কোষগুলি constriction (সংকোচন) বা fission

(বিভাজন)-এর দ্বারা বিভক্ত হয়। কোষের নিউক্লীয়স দুইটি অংশে খণ্ডিত হওয়াকে আমাইটোসিস্‌ প্রক্রিয়া বলে।

A. Mitosis (মাইটোসিস্‌)

মাইটোসিস্‌ কোষ-বিভাজন পদ্ধতি ক্রোমোজোমের দীর্ঘচ্ছেদের ফলে সংঘটিত হয়। এই প্রক্রিয়ায় নিউক্লীয়স ও সাইটোপ্লাজম উভয়েই বিভক্ত হয়। নিউক্লীয়সের বিভাজনকে karyokinesis (কেরিওকাইনেসিস্‌) এবং সাইটোপ্লাজমের বিভাজন cytokinesis (সাইটোকাইনেসিস্‌) বলে। কেরিওকাইনেসিস্‌ প্রক্রিয়ার নিউক্লীয়সের নির্দিষ্ট সংখ্যক ক্রোমোজোমের আকৃতিগত পরিবর্তন ঘটে যাহা genes বা বংশানুগতিক চরিত্র বহন করে। এই সময়ে প্রতি ক্রোমোজোম দৈর্ঘ্যে দুইটি সমান অংশে খণ্ডিত হইয়া পৃথক হয় এবং কোষের দুই প্রান্তে সরিয়া যায়। ক্রমে সাইটোপ্লাজম বিভক্ত হয় এবং একটি মধ্য প্রাচীর গঠিত হইয়া দুইটি অপত্যকোষের সৃষ্টি করে। অতএব দেখা যাইতেছে যে, প্রতি অপত্যকোষের ক্রোমোজোম সংখ্যা মাতৃকোষের ক্রোমোজোম সংখ্যার সমান।

কোন কোন ক্ষেত্রে সাইটোপ্লাজম বিভক্ত হয় না এবং নিউক্লীয়স পুনঃ পুনঃ বিভক্ত হইয়া একটি বহুনিউক্লীয়সযুক্ত কোষ গঠন করে। কোন কোন ক্ষেত্রে অপত্য নিউক্লীয়সগুলির চতুর্দিকে সাইটোপ্লাজম সঞ্চিত হইয়া বহু ক্ষুদ্র অপত্যকোষ উৎপন্ন করে।

ক্রোমোজোমের বিভিন্ন গঠন ও পরিবর্তন অনুযায়ী মাইটোসিস্‌ পদ্ধতিকে **পাঁচটি** দশায় ভাগ করা হইয়াছে; যথা—(*a*) Interphase (ইণ্টারফেজ), (*b*) Prophase (প্রোফেজ), (*c*) Metaphase (মেটাফেজ) (*d*) Anaphase (অ্যানাফেজ) এবং (*e*) Telophase (টেলোফেজ) (১০নং চিত্র)।

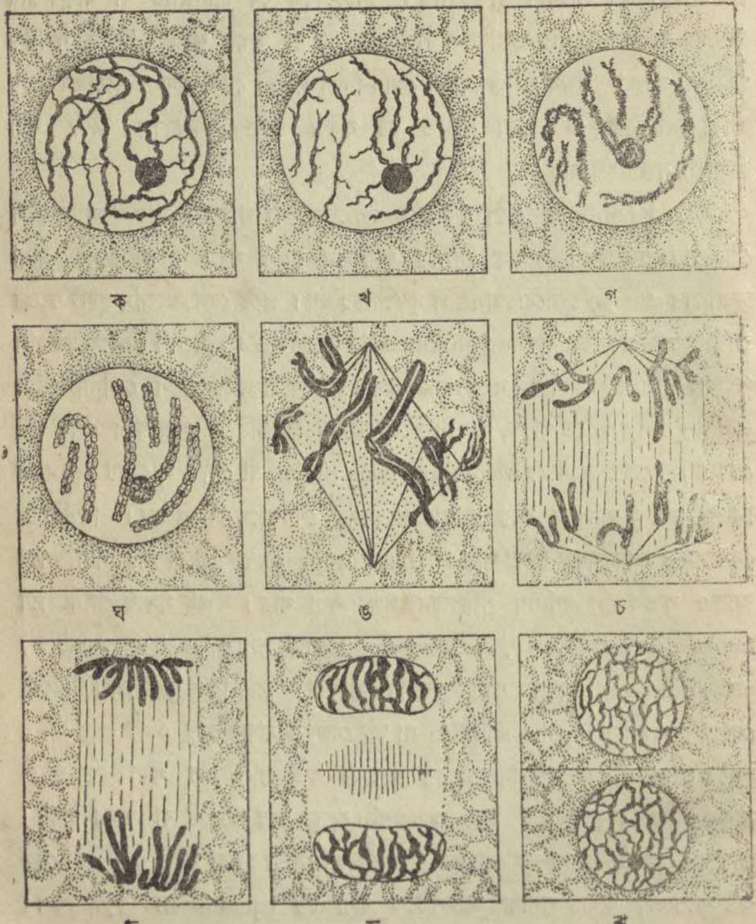
(*a*) **Interphase (ইণ্টারফেজ)**—ইণ্টারফেজ দশায় নিউক্লীয়সের আকৃতিগত গঠনের বিশেষ দর্শনীয় পরিবর্তন লক্ষিত হয় না। ক্রোমোজোমগুলি যথাযথ স্ফীত এবং প্রসারিত অবস্থায় নিউক্লীয়সের অধিকাংশ স্থান জুড়িয়া অবস্থান করে। এইরূপ নিউক্লীয়সকে metabolic বা বিপাকীয় অথবা resting বা বিশ্রাম নিউক্লীয়স বলে। কখনও কখনও এই অবস্থায় ক্রোমোজোমগুলিকে সূক্ষ্ম জালের ন্যায় দেখায়।

ইণ্টারফেজকে যদ্যপি মাইটোসিসের অংশ বলিয়া গণ্য করা যায় না

তথাপি ইহা মাইটোসিস্ প্রক্রিয়ার প্রস্তুতিতে বিশেষ অংশ গ্রহণ করে; DNA, RNA, histones (হিস্টোন) এবং অন্যান্য হিস্টোনবিহীন প্রোটিন ইত্যাদি ক্রোমোজোমের বিভিন্ন রাসায়নিক উপাদানগুলির মধ্যে DNA এবং হিস্টোন দ্বিগুণ পরিমাণ বৃদ্ধি পায়। মেটাফেজে যে spindle বা মাকুর ন্যায় অংশের সৃষ্টি হয় তাহার প্রস্তুতিতে দীর্ঘ fibrous বা তন্তুর ন্যায় প্রোটিন পদার্থও গঠিত হওয়া সম্ভব। উপরন্তু কোষ-বিভাজনের যে-শক্তির প্রয়োজন হয় তাহাও ইন্টারফেজে কোষে সঞ্চিত হয় যদিও প্রকৃত সঞ্চয়স্থান নির্ণয় করা অদ্যাপি সম্ভব হয় নাই।

(*b*) **Prophase (প্রোফেজ)**—প্রোফেজ দশা আরম্ভের সাথেই মাইটোসিস্ প্রক্রিয়ার সূত্রপাত। প্রথম দর্শনীয় পরিবর্তন হইল যখন নিউক্লীয়সের মধ্যে ক্ষুদ্রাকার এবং স্থূল ক্রোমোজোমগুলি দৃষ্টিগোচর হয়। প্রতি ক্রোমোজোম দুইটি সূত্রের ন্যায় অংশদ্বারা গঠিত যাহাদের chromatids (ক্রোমাটিড) বলে। ক্রোমোটিডগুলি পরস্পর পাশাপাশি অবস্থান করে। ক্রমাগত জল বিয়োজনের ফলে ক্রোমাটিডগুলি ক্রমশ কুণ্ডলিত হইতে থাকে, যাহার ফলে ক্রোমোজোমগুলিকে ক্ষুদ্রাকার এবং স্থূল দেখায়। ক্রোমোজোমের secondary constriction বা গৌণ সংকোচ স্থানে যে নিউক্লীওলাস্ অবস্থান করে তাহা প্রফেজের শেষভাগে বিলুপ্ত হয়। নিউক্লীও-মেমব্রেনও ক্রমে অদৃশ্য হইয়া যায়। Late prophase বা প্রোফেজের সমাপ্তিপথে আরও কতকগুলি দর্শনীয় পরিবর্তন লক্ষ্য করা যায়। এই সময়ে প্রাণিকোষে centrioles (সেন্ট্রিওল), oentrosome (সেন্ট্রোসোম), aster (অ্যাস্টার) এবং spindle বা মাকুর ন্যায় অংশের আবির্ভাব ঘটে, কিন্তু উচ্চ শ্রেণী উদ্ভিদের ক্ষেত্রে কেবলমাত্র bipolar spindle বা দুই মেরুযুক্ত মাকুর ন্যায় একটি অংশ গঠিত হইতে দেখা যায়। সাইটোপ্লাজমের পদার্থের কতকগুলি অণু পুনর্বিন্যস্ত হইয়া মাকুর আকার ধারণ করে। ইহা কতকগুলি সূত্রের ন্যায় fibres বা তন্তুর সমষ্টি। উদ্ভিদের ক্ষেত্রে ইহার দুই প্রান্তের তন্তুগুলি অভিসারী হইয়া দুইটি poles বা মেরু সৃষ্টি করে এবং মধ্যের প্রশান্ত অঞ্চলটিকে বলা হয় equator বা বিষুব-অঞ্চল। ক্ষুদ্রাকৃতি ও স্থূল ক্রোমোজোমগুলি তন্তুগুলির প্রভাবে মাকুর ন্যায় অংশের বিষুব-অঞ্চলে স্থানান্তরিত হয়। প্রত্যেকটি ক্রোমোজোমের মাকুর তন্তুর সহিত যুক্ত centromere (সেন্ট্রোমিয়ার) অথবা kinetochore (কাইনেটোকোর) নামক একটি বিশিষ্ট সংযোজক স্থান আছে। ইহাকে প্রাথমিক সংযোজক স্থল নামেও অভিহিত করা হয়। যে তন্তুগুলি ক্রোমাটিডগুলির সহিত যুক্ত তাহাদিগকে tractile fibres বা আকর্ষণতন্তু বলে।

(*c*) **Metaphase** (**মেটাফেজ**)—ক্রোমোজোমগুলি বিষুব-অঞ্চলে স্থানান্তরিত হইলে প্রতি ক্রোমোজোমের ক্রোমাটিডদ্বয়ের সেণ্ট্রোমিয়ারগুলি ঐ অঞ্চলে



১০নং চিত্র—মাইটোসিস্

(ক) স্থির নিউক্লীয়স (খ-ঘ) প্রোফেজ ; (ঙ) মেটাফেজ ;
(চ) অ্যানাফেজ, (ছ-জ) টেলোফেজ।

মেরু-অভিমুখী হইয়া অবস্থান করে। এই দশায় ক্রোমাটিডগুলি কুণ্ডলিত না হইয়া মুক্ত অবস্থায় দেখা যায়। মেটাফেজ দশাতেই ক্রোমোজোমগুলির সুস্পষ্ট স্বাতন্ত্র্য

দৃষ্টিগোচর হয় এবং ক্রোমোজোমের আকৃতি, সংখ্যা ও অন্যান্য বিষয় জ্ঞান-লাভের জন্য ইহাই সর্বোত্তম দশা। সেন্ট্রোমিয়রের অবস্থান অনুযায়ী মেটাফেজ দশায় ক্রোমোজেম ইংরাজিতে V, L, J প্রভৃতির ন্যায় অথবা দণ্ডের ন্যায় আকৃতি ধারণ করে।

(*d*) **Anaphase (অ্যানাফেজ)**—অ্যানাফেজ দশায় প্রতি ক্রোমোজোমের ক্রোমোটিডদ্বয় পরস্পর পৃথক হইয়া দুইটি মেরুর দিকে অগ্রসর হয় এবং সেন্ট্রোমিয়ারগুলি সর্বদাই মেরু-অভিমুখী থাকে। এই সময় প্রতি ক্রোমোটিড একটি স্বতন্ত্র ক্রোমোজোমে পরিণত হয়।

ক্রোমোজোমের এই মেরু-অভিমুখী চলনে দুই প্রকার শক্তি ক্রিয়া করে। তন্তুগুলি প্রোটিনঘটিত পদার্থের দ্বারা গঠিত ও সঙ্কোচনকারী বলিয়া ইহাদের সঙ্কোচনের ফলে ক্রোমাটিডদ্বয় দুই মেরুর দিকে অগ্রসর হয়। দেখা গিয়াছে যে, মাকুর মধ্যাঞ্চলের দৈর্ঘ্য প্রসারণের দ্বারাও ক্রোমোটিডদ্বয়ের চলন সম্ভবপর। ক্রোমোটিডগুলি পৃথক হইলে পর বিষুব-অঞ্চলে RNA-ঘটিত এক প্রকার পদার্থ রাখিয়া যায় যাহা সম্ভবত মাকুর মধ্যাঞ্চল প্রসারণের জন্য দায়ী। ক্রোমোটিডগুলি মেরু-অঞ্চলে পৌঁছাইলে অ্যানাফেজ দশার সমাপ্তি ঘটে।

(*e*) **Telophase (টেলোফেজ)**—টেলোফেজ দশাকে বিপরীত অভিমুখী প্রোফেজ দশাও বলা হয়। ক্রোমোজোমগুলি দুইটি মেরুতে পৌঁছাইলে ক্রমশ স্বল্প ঘনীভূত হইয়া দীর্ঘ হয়। প্রতি মেরুতে ক্রোমোজোমগুলি পরস্পর সংযুক্ত হয় এবং নূতন nuclear reticulum বা নিউক্লীও জালিকা উৎপন্ন করে। Nuclear membrane (নিউক্লীও মেমব্রেন) ও nucleolus (নিউ-ক্লীওলাস্) পুনর্গঠিত হয়। এইরূপে মাতৃ-নিউক্লীয়স্টি দুইটি অপত্য নিউক্লীয়সে বিভক্ত হয়।

Cytokinesis (**সাইটোকাইনেসিস্**)—অধিকাংশ ক্ষেত্রে টেলোফেজ দশার কোন এক পর্যায় হইতেই সাইটোকাইনেসিস্ দশার সূচনা হয়। উদ্ভিদ এবং প্রাণীর ক্ষেত্রে এই প্রক্রিয়ার প্রভেদ দেখা যায়। প্রাণীর ক্ষেত্রে মাকুর বিষুব-অঞ্চলে furrow বা কুঞ্চন দেখা দেয় যাহা গভীরতর হইয়া ক্রমে দুইটি অপত্যকোষ গঠন করে কিন্তু উদ্ভিদের ক্ষেত্রে মাকুর বিষুব-অঞ্চল ক্রমশ প্রশস্ত হয় এবং তন্তুগুলিও প্রসারিত হইয়া কোষপ্রাচীরকে স্পর্শ করে। তন্তুগুলি ক্রমে অদৃশ্য হইয়া যায় এবং ইতিমধ্যে কোষের মধ্যস্থলে বিন্দু বিন্দু পদার্থ সঞ্চিত হইয়া পরস্পর মিলিত হইয়া একটি cell plate (কোষপাত)

প্রস্তুত করে। এই প্রকার পদার্থ golgi apparatus (গলগি যন্ত্র) হইতে গঠিত হইয়াছে বলিয়া মনে করা হয়। শীঘ্রই ভৌত ও রাসায়নিক পরিবর্তনের সাথে কোষপাত ক্রমে middle lamella (মধ্যচ্ছদা) উৎপন্ন করে। ইহার উপরে প্রোটোপ্লাস্ট হইতে নূতন সেলুলোজ নিঃসৃত হইয়া প্রাথমিক কোষপ্রাচীর সৃষ্টি হয়। এইরূপে মাতৃকোষটি দুইটি অপত্যকোষে বিভক্ত হয়।

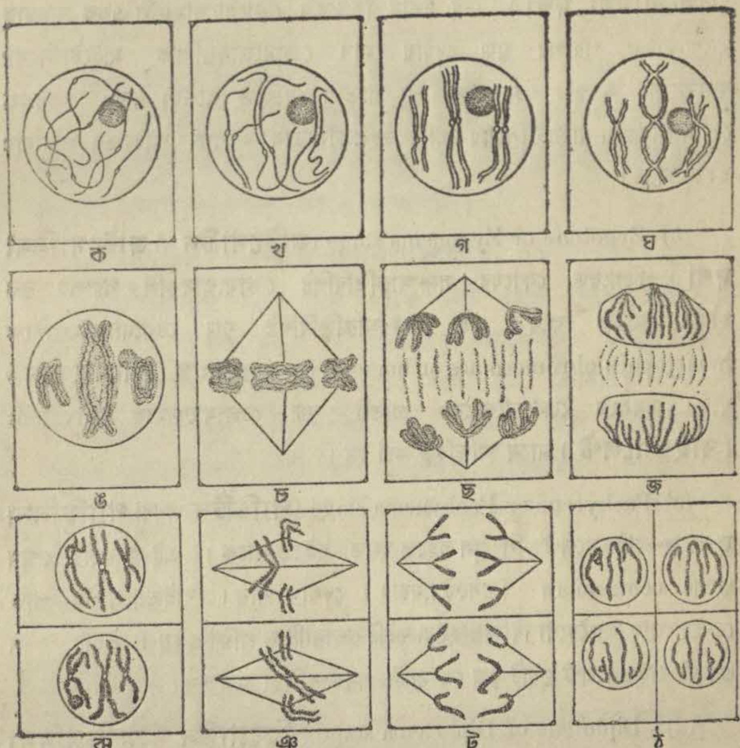
Significance of Mitosis (মাইটোসিসের বিশেষত্ব)

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, উদ্ভিদের দেহ গঠিত হইবার সময় দেহকোষ মাইটোসিস্ প্রক্রিয়ায় বিভক্ত হইয়া নূতন কোষ উৎপন্ন করে এবং ইহার নিউক্লীয়সের ক্রোমোজোমগুলি বংশধারার গুণাবলী বহন করে। এই প্রক্রিয়ায় প্রতি ক্রোমোজোম অনুদৈর্ঘ্যে দুইটি সমান অংশে বিভক্ত হয়। এইরূপ প্রতি অর্ধ-ক্রোমোজোমের দুইটি দল অপত্য নিউক্লীয়স দুইটির মধ্যে বণ্টিত হয়। অতএব দেখা যাইতেছে যে, অপত্য নিউক্লীয়সগুলির সহিত মাতৃ-নিউক্লীয়সের সম আকৃতিগত বৈশিষ্ট্য বিদ্যমান। শুধু তাহাই নহে অপত্য নিউক্লীয়সে মাতৃ-নিউক্লীয়সের সমসংখ্যক ক্রোমোজোম বর্তমান থাকে। এইজন্য একই প্রজাতির ক্রোমোজোম-সংখ্যা সর্বদাই constant (ধ্রুবক)। ইহাই মাইটোসিসের বিশেষত্ব। ইহা ব্যতীত জীবের একটি বৈশিষ্ট্য হইল বৃদ্ধি। মাইটোসিস্ প্রক্রিয়ায় কোষ-বিভাজনের ফলে যে নূতন কোষের সৃষ্টি হয় তাহার ফলে জীব বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়।

B. Meiosis (মায়োসিস্, ১১নং চিত্র)

মায়োসিস্ একটি বিশেষ কোষ-বিভাজন পদ্ধতি যেখানে নিউক্লীয়সের ক্রোমোজোম-সংখ্যা অর্ধেকে পরিণত হয়। বহু প্রাণীর ক্ষেত্রে নিষেকের প্রারম্ভেই মায়োসিস্ প্রক্রিয়া সংঘটিত হইয়া যৌন কোষ অর্থাৎ sperm (শুক্রাণু) ও egg (ডিম্বাণু) উৎপন্ন হয়। ইহাদের নিষেকের ফলে ডিপ্লয়েড জাইগোট সৃষ্টি হয়। শৈবাল, ছত্রাক প্রভৃতি নিম্নশ্রেণীর উদ্ভিদের ক্ষেত্রে, নিষেকের পরে মায়োসিস্ প্রক্রিয়ায় হ্যাপ্লয়েড spores (রেণু) উৎপন্ন হয়। ইহারা অঙ্কুরিত হইয়া হ্যাপ্লয়েড অথবা gametophyte (লিঙ্গধর উদ্ভিদ) গঠন করে এবং ইহা মাইটোসিস্ প্রক্রিয়ায় gamete (গ্যামেট) উৎপন্ন করে। গ্যামেটগুলির যৌন মিলনের ফলে যে জাইগোট সৃষ্টি হয় তাহা মায়োসিস্

প্রক্রিয়ায় বিভক্ত হইয়া লিঙ্গধর উদ্ভিদ উৎপন্ন করে। উচ্চশ্রেণীর উদ্ভিদের ক্ষেত্রে জীবন-চক্র সম্পূর্ণ করিতে দুইটি জন্তুর প্রয়োজন। নিষেকের পরে diploid (ডিপ্লয়েড) জাইগোটের-'$2n$'-সংখ্যক ক্রোমজোম থাকে এবং ইহা মায়োসিস্



১১ নং চিত্র—মায়োসিস্

প্রক্রিয়ায় বিভক্ত হইয়া পুনরায় haploid (হ্যাপ্লয়েড) বা 'n'-সংখ্যক ক্রোমোজোমে পরিণত হয়।

মায়োসিস্ প্রক্রিয়া সংঘটিত হইতে দুই বার নিউক্লীয়সের বিভাজন প্রয়োজন। প্রথম বিভাজনকে বলে reductional (**রিডাক্‌শনাল**) অথবা first meiotic division (**প্রথম মায়োসিস্ বিভাজন**) এবং দ্বিতীয়টিকে বলে equational (**ইকোয়েশনাল**) অথবা second meiotic division (**দ্বিতীয় মায়োসিস্ বিভাজন**)।

Meiotic division I (প্রথম মায়োসিস্ বিভাজন)

Prophase I (প্রথম প্রফেজ): ইহা **পাঁচটি** দশার সমষ্টি ; যথা—

(*a*) Leptotene or Leptonema stage (**লেপটোটিন** অথবা **লেপটোনিমা দশা**)—এই দশায় ডিপ্লয়েড ক্রোমোজোমগুলি একক অবস্থায় থাকে এবং পরস্পর যুগ্ম দেখায় না। ক্রোমজোমগুলিকে মাইটোসিসের অ্যানাফেজ অবস্থার ন্যায় দীর্ঘ এবং পাতলা দেখিতে পাওয়া যায়। অধিকন্তু ক্রোমজোমগুলি মাইটোসিসের প্রোফেজের ক্রোমজোম অপেক্ষা অধিকতর দানাদার হইয়া থাকে।

(*b*) Zygotene or Zygonema stage (**জাইগোটিন** বা **জাইগোনিমা দশা**)—ডিপ্লয়েড কোষের সম-আকৃতিবিশিষ্ট ক্রোমজোমগুলি পরস্পর যুগ্ম হইতে আরম্ভ করে। এই সম-আকৃতিবিশিষ্ট যুগ্ম ক্রোমোজোমগুলিকে homologous chromosomes or homologues (**সমসংস্থ ক্রোমোজোম**) বলে। সমসংস্থ ক্রোমোজোমের প্রতিটি যুগ্ম ক্রোমোজোমকে bivalent (**বাইভ্যালেন্ট**) নামে অভিহিত করা হয়।

(*c*) Pachytene or Pachynema stage (**প্যাচিটিন** অথবা **প্যাচিনিমা দশা**)—বাইভ্যালেন্টগুলি স্থূল হইতে স্থূলতর হইতে থাকে। এই অবস্থার শেষে সুস্পষ্ট centromere (সেন্ট্রোমিয়ার) দেখা যায়। বাইভ্যালেন্টের প্রতি ক্রোমোজোম অনুদৈর্ঘ্যে বিচ্ছিন্ন হইয়া দুইটি ক্রোমাটিডে পরিণত হয়। ইহার ফলে প্রতিটি বাইভ্যালেন্ট দুইটি যুগ্ম ক্রোমাটিড সমষ্টি বলিয়া মনে হয়।

(*d*) Diplotene or Diplonema stage (**ডিপ্লোটিন** অথবা **ডিপ্লনিমা দশা**)—সমসংস্থ ক্রোমোজোমগুলির ক্রোমোটিডগুলির বিকর্ষণের ফলে, পরস্পর পৃথক হইতে থাকে কিন্তু ইহাদের দৈর্ঘ্যের কয়েকটি স্থানে ইহারা 'সংযোগ' স্থাপন করে। প্রতি সংযোগস্থলকে chiasma (**কায়াজ্‌মা**) বলে। দেখা গিয়াছে যে, প্রতি ক্রোমোজোমের একটি ক্রোমাটিড অপর ক্রোমোজোমের একটি ক্রোমাটিডের সহিত পরস্পর আড়াআড়িভাবে স্থাপিত হইয়া ইংরাজীর 'X' অক্ষরের ন্যায় আকার ধারণ করে। সাধারণত ক্রোমোজোমের অগ্রভাগে কায়াজ্‌মা দেখিতে পাওয়া যায়।

(*e*) Diakinesis (**ডায়াকাইনেসিস্**)—এই দশায় ক্রোমোজোমগুলি সংকুচিত হইয়া অবস্থান করে। নিউক্লীয়োলাস অদৃশ্য হইয়া যায় এবং

বাইভ্যালেন্ট ক্রোমজোমগুলি নিউক্লীয়সের সর্বত্র দেখিতে পাওয়া যায়। ক্রোমোজোমগুলির সর্পিল প্রকৃতি অধিকমাত্রায় বৃদ্ধি পাইবার ফলে ইহারা ক্ষুদ্রাকার হইতে থাকে। ইহার ফলে বাইভ্যালেন্ট ক্রোমোজোমগুলি অধিকতর গোলাকার হয় এবং সমসংস্থ ক্রোমোজোমগুলি পরস্পর অগ্রভাগে সংযোগ স্থাপন করে।

Metaphase I (প্রথম মেটাফেজ)

নিউক্লীও মেমব্রেনের সম্পূর্ণ বিলোপসাধন এবং মাইটোসিসের ন্যায় মাকুর যথারীতি আবির্ভাবই হইল এই দশার বিশেষত্ব। ক্রোমোটিডগুলি (চারিটি করিয়া) একত্রিত অবস্থায় মাকুর বিষুব-অঞ্চলে অবস্থান করে।

Anaphase I (প্রথম অ্যানাফেজ)

ক্রোমোজোমগুলি বিষুব-অঞ্চল হইতে দুইটি মেরুর দিকে অগ্রসর হইতে থাকে। মনে রাখিতে হইবে যে, প্রতি যুগ্ম ক্রোমোটিডের সেন্ট্রোমিয়ারগুলি অবিভক্ত থাকিয়া যায় এবং ইহার ফলে যুগ্ম ক্রোমাটিড সম্পন্ন সম্পূর্ণ ক্রোমোজোমগুলি শুধু বিচ্ছিন্ন হইয়া যায়। অতএব দেখা যাইতেছে যে, প্রতি মেরুতে ক্রোমাটিডগুলি দুইটি অর্থাৎ diploid (ডিপ্লয়েড) দলের পরিবর্তে ক্রোমোজোমগুলির একটি অর্থাৎ haploid (হ্যাপ্লয়েড) দল দেখিতে পাওয়া যায়। এইরূপ প্রথম মায়োসিস্ বিভাজনের সময় ক্রোমোজোম-সংখ্যা অর্ধেকে পরিণত হয়।

Telophase I (প্রথম টেলোফেজ)

নিউক্লীও মেমব্রেন যথারীতি আবির্ভূত হয় এবং ক্রোমোজোমগুলি একত্রিত হইয়া দুইটি অপত্য নিউক্লীয়স গঠন করে। অল্পক্ষণ পরে ইহাদের দ্বিতীয় বিভাজন আরম্ভ হয়।

B. Meiotic division II (দ্বিতীয় মায়োসিস্ বিভাজন)

এই প্রক্রিয়াকে equational division (ইকোয়েশনাল বিভাজন)-ও বলা হয়।

Prophase II (দ্বিতীয় প্রোফেজ)

এই অবস্থায় ক্রোমোজোম in diads (দ্বি-ক্রোমাটিডযুক্ত অবস্থায়) অবস্থান করে।

Metaphase II (দ্বিতীয় মেটাফেজ)

দুইটি মেরুযুক্ত মাকুর পুনরায় আবির্ভাব ঘটে এবং ক্রোমোজোমগুলি বিষুব-অঞ্চলে অবস্থান করে।

Anaphase II (দ্বিতীয় অ্যানাফেজ)

প্রতি ক্রোমোজোমের ক্রোমাটিডগুলি তন্তু বরাবর দুইটি মেরুর দিকে অগ্রসর হয়। সেন্ট্রোমিয়ারগুলি যথারীতি চালিত হইবার ফলে ক্রোমোটিডগুলি বিভিন্ন আকার ধারণ করে।

Telophase II (দ্বিতীয় টেলোফেজ)

মেরুতে পৌঁছাইয়া ক্রোমাটিডগুলি সংযুক্ত হইয়া যথারীতি অপত্য নিউক্লীয়স গঠন করে এবং এইরূপে একটি নিউক্লীয়স হইতে দুই বার বিভাজনের ফলে চারিটি অপত্য নিউক্লীয়স উৎপন্ন হয়। প্রতি অপত্য নিউক্লীয়সে ক্রোমোজোমের অর্ধেক অথবা হ্যাপ্লয়েড সংখ্যা থাকে এবং প্রতিটি দলে প্রথম প্রোফেজের প্রতি চারিটি ক্রোমাটিডযুক্ত ক্রোমোজোমের একটি করিয়া ক্রোমাটিড থাকে।

Cytokinesis (সাইটোকাইনেসিস্‌)

অপত্য নিউক্লীয়সগুলির মধ্যে কোষপ্রাচীর যথারীতি গঠিত হইয়া চারিটি অপত্যকোষের সৃষ্টি হয় এবং প্রতি কোষের নিউক্লীয়সে হ্যাপ্লয়েড ক্রোমোজোম থাকে।

Significance of Meiosis (মায়োসিসের বিশেষত্ব)

মায়োসিস্‌ প্রক্রিয়ার অ্যানাফেজ দশায় ক্রোমোজোমগুলির segregation বা বিযুক্তির ফলে হ্যাপ্লয়েড কোষগুলি পিতৃ- এবং মাতৃ-ক্রোমোজোমের বিভিন্ন সংমিশ্রণ প্রাপ্ত হয়। অধিকন্তু ডিপ্লোটিন অবস্থায় পূর্বে chiasma (কায়জ্‌মা) গঠনের সময় homologous (সমসংস্থ) পিতৃ- এবং মাতৃ-ক্রোমোজোমের ক্রোমাটিডগুলির মধ্যে পরস্পর বিনিময় ঘটে। এইরূপ পিতৃ- এবং মাতৃ-ক্রোমাটিডসম্পন্ন গ্যামেটগুলির মিলনের ফলে সন্তান-সন্ততির মধ্যেও ঐ সকল পিতৃ- এবং মাতৃ-ক্রোমাটিডগুলির অধিকতর সংমিশ্রণ ঘটে।

ইহা অবিদিত নহে যে, ক্রোমোজোমগুলি genes (জীনের) সমষ্টি এবং কায়াজ্‌মা গঠনের সময় ক্রোমাটিডগুলির পরস্পর বিনিময়ের সাথে জীনদলেরও linkage (নির্দিষ্ট অবস্থান)-এর পরিবর্তন ঘটে। ইহার ফলে পিতৃ- এবং মাতৃ-ক্রোমাটিডসম্পন্ন গ্যামেটগুলিও প্রজনন-সংক্রান্ত বিভিন্ন প্রকৃতির হইয়া থাকে। এইরূপ গ্যামেটগুলির মিলনের ফলে বিভিন্ন variation (পরিবৃত্তিসম্পন্ন)-এর সন্তান-সন্ততি জন্মলাভ করে এবং ইহারা natural selection (প্রাকৃতিক নির্বাচন)-এর দ্বারা evolution (অভিব্যক্তি)-র বশবর্তী হয়।

অতএব দেখা যাইতেছে যে, মায়োসিস্ প্রক্রিয়ার দ্বারা কেবলমাত্র যে পিতৃ-মাতৃ-ক্রোমাটিডসম্পন্ন গ্যামেট উৎপন্ন হয় তাহাই নহে, ঐ সকল গ্যামেট প্রজনন-সংক্রান্ত বিভিন্ন প্রকৃতির হইয়া থাকে, এবং উহাদের মিলনের ফলে যে সন্তান-সন্ততি জন্মলাভ করে তাহাদের মধ্যেও বিভিন্ন পরিবৃত্তি দেখা দেয়।

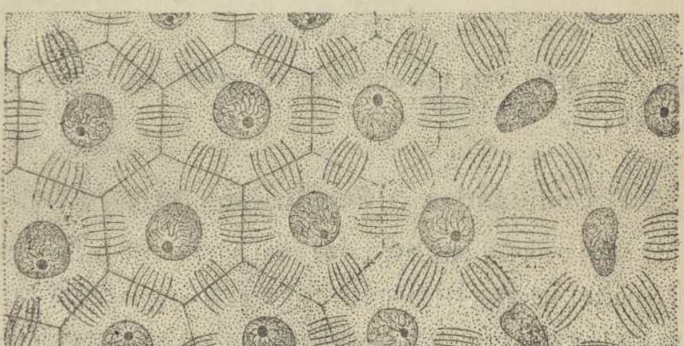
Difference between Mitosis and Meiosis
(মাইটোসিস এবং মায়োসিসের পার্থক্য)

মাইটোসিস্	মায়োসিস্
(*i*) মাইটোসিসের পূর্বে নিউক্লীয়সের resting stage (বিশ্রাম অবস্থা) দীর্ঘক্ষণ স্থায়ী হয়।	(*i*) মায়োসিসের পূর্বে নিউক্লীয়সের resting stage (বিশ্রাম অবস্থা) স্বল্পক্ষণ স্থায়ী হয়।
(*ii*) প্রোফেজ দশা স্বল্প এবং কোন উপবিভাগ নাই।	(*ii*) প্রোফেজ দশা দীর্ঘতম এবং ইহার লেপ্টোটিন, জাইগোটিন, প্যাচিটিন, ডিপ্লোটিন এবং ডায়াকাইনেসিস্ নামক পাঁচটি অবস্থা আছে।
(*iii*) প্রোফেজ দশার অগ্রগতির সাথে প্রতি ক্রোমোজোম অনুদৈর্ঘ্যে বিচ্ছিন্ন হইয়া দুইটি অপত্য ক্রোমাটিডে পরিণত হয় এবং এই দ্বিগুণ ক্রোমাটিড একটি সাধারণ matrix (মাধ্যম)-এ অবস্থান করে।	(*iii*) ক্রোমোজোমগুলি অনুদৈর্ঘ্যে বিচ্ছিন্ন না হইয়া একক সূত্ররূপে অবস্থান করে।
(*iv*) বিচ্ছিন্ন chromosomes (ক্রোমোজোম)-এর মধ্যে কোন আকর্ষণ নাই।	(*iv*) প্রথম বিভাজনের প্রফেজে জাইগোটিন অবস্থায় সমসংস্থ ক্রোমোজোমগুলি পরস্পর আকর্ষণের ফলে বাইভ্যালেন্ট ক্রোমোজোম গঠন করে। পিতা এবং মাতা হইতে প্রাপ্ত ক্রোমোজোমগুলি chiasma (কায়াজ্মা) প্রণালীতে পুনর্মিলিত হয়।
(*v*) মেটাফেজ দশায় সেন্ট্রোমিয়ারসহ প্রতি ক্রোমোজোম বিভক্ত হয় এবং	(*v*) সেন্ট্রোমিয়ারসহ ক্রোমোজোমগুলি বিভক্ত হয় না। পরন্তু সমসংস্থ

মাইটোসিস্‌	মায়োসিস্‌
অপত্য ক্রোমোজোমগুলি মেরুর দিকে অগ্রসর হয়। ইহাতে ক্রোমোজোম-সংখ্যা ডিপ্লয়েড থাকিয়া যায়।	ক্রোমোজোমগুলি বিচ্ছিন্ন হইয়া মেরুর দিকে অগ্রসর হয়। ইহাতে ডিপ্লয়েড সংখ্যক ($2n$) ক্রোমোজোম অর্ধেক হইয়া হ্যাপ্লয়েড (n) সংখ্যায় পরিণত হয়।
(*vi*) পিতৃ- এবং মাতৃ- উভয় ক্রোমোজোম দলই অনুদৈর্ঘ্যে বিভক্ত হইয়া উভয় মেরুর দিকে অগ্রসর হয়। ইহাতে মাইটোসিসের পর প্রতি অপত্য-কোষের ক্রোমোজোমের সংখ্যা সমান এবং পরস্পর একই আকারের হইয়া থাকে।	(*vi*) প্রথম মেটাফেজ দশায় পিতা অথবা মাতা হইতে প্রাপ্ত একটি ক্রোমোজোমদল বিষুবপ্রদেশ হইতে দুইটি মেরুর দিকে অগ্রসর হয়।
(*vii*) অ্যানাফেজের প্রারম্ভিক দশায় বিভক্ত সেন্ট্রোমিয়ারের বিভিন্ন অংশের বিকর্ষণের ফলে ক্রোমোজোমগুলি বিচ্ছিন্ন হয়।	(*vii*) অ্যানাফেজের প্রারম্ভিক দশায় সমসংস্থ ক্রোমোজোমগুলির সেন্ট্রোমিয়ারের বিকর্ষণের ফলে ক্রোমোজোমগুলি বিচ্ছিন্ন হয়।
(*viii*) এই পদ্ধতিতে নিউক্লীয়স একবার মাত্র বিভক্ত হয়। যাহাই হউক অপত্যকোষগুলিও পুনরায় বিভক্ত হইতে পারে।	(*viii*) এই পদ্ধতিতে নিউক্লীয়স দুই বার বিভক্ত হয় এবং উক্ত দুইটি বিভাজনই ক্রমপর্যায়ে দ্রুত সম্পন্ন হয়।
(*ix*) মাইটোসিসের শেষে অপত্য কোষে ক্রোমোজোমগুলির গুণগত তাৎপর্য এবং সংখ্যার কোন পরিবর্তন হয় না।	(*ix*) মায়োসিসের শেষে অপত্য কোষের ক্রোমোজোমের সংখ্যা haploid (হ্যাপ্লয়েড)-এ পরিণত হয়।

C. Free cell formation (অবাধ কোষগঠন, ১২নং চিত্র)

এই প্রক্রিয়ার সময় নিউক্লীয়স জটিলভাবে বিভক্ত হইয়া দুইটি নিউক্লীয়স উৎপন্ন করে এবং প্রত্যেকটি আবার দুই ভাগে বিভক্ত হয়। এইরূপে কয়েকবার পুনঃ পুনঃ বিভক্ত হইয়া অসংখ্য নিউক্লীয়স উৎপন্ন হয় ও মাতৃকোষের সাইটোপ্লাজমের মধ্যে মুক্ত অবস্থায় থাকে। সাইটোপ্লাজম বিভক্ত হইয়া প্রত্যেক নিউক্লীয়সের চারিদিকে সাইটোপ্লাজম জমা হয়, এইরূপে মাতৃকোষের মধ্যে বহু নগ্ন কোষ গঠিত হয়। অবশেষে মাতৃকোষের প্রাচীর বিশ্লিষ্ট হইয়া কোষগুলি বাহিরে আসে। কোন কোন সময় নগ্ন কোষগুলি গোলাকার হয় এবং



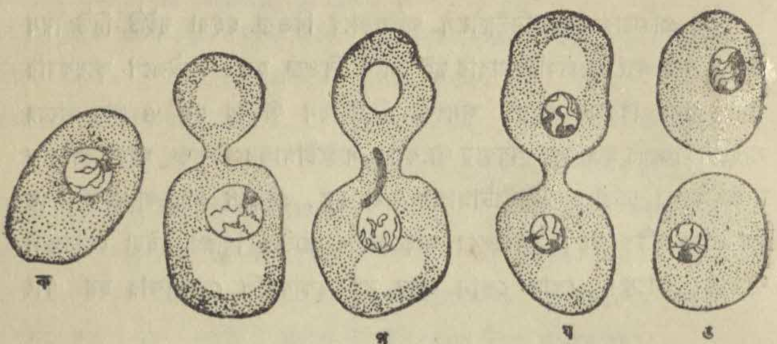
১২নং চিত্র অবাধ কোষগঠন

প্রত্যেকটি কোষের চারিদিকে কোষপ্রাচীর গঠিত হয়। এইরূপে বহু কোষ মাতৃ-কোষের মধ্যে উৎপন্ন হয়। মাতৃকোষের প্রাচীর বিশ্লিষ্ট হইয়া বা ফাটিয়া গিয়া কোষগুলি বাহিরে আসে।

D. Budding or Gemmation (মুকুলোদ্গম বা গেমেশন, ১৩নং চিত্র)

এই প্রকার কোষবিভাগ এককোষী ঈস্টের vegetative reproduction বা অঙ্গজ জননের সময় দেখা যায়। মুকুলোদ্গমের সময় কোষপ্রাচীরের উপর মুকুলের মত একটি অংশ উদ্গত হয় এবং ইহা ক্রমশ বড় হয়। ইতিমধ্যে নিউক্লীয়স বিভক্ত হইয়া দুইটি নিউক্লীয়স উৎপন্ন করে, এবং ইহার মধ্যে একটি নিউক্লীয়স কিছু সাইটোপ্লাজমসহ ক্রমবর্ধমান মুকুলের মধ্যে প্রবেশ করে।

এই প্রবেশের পর সংযোজন স্থান ক্রমশ সঙ্কুচিত হইয়া দুইটি পৃথক কোষ উৎপন্ন



১৩ নং চিত্র : মুকুলোদ্গম

করে। এই প্রকার কোষ গঠন এত দ্রুত হয় যে, অল্পক্ষণের মধ্যে অসংখ্য কোষ উৎপন্ন হয়।

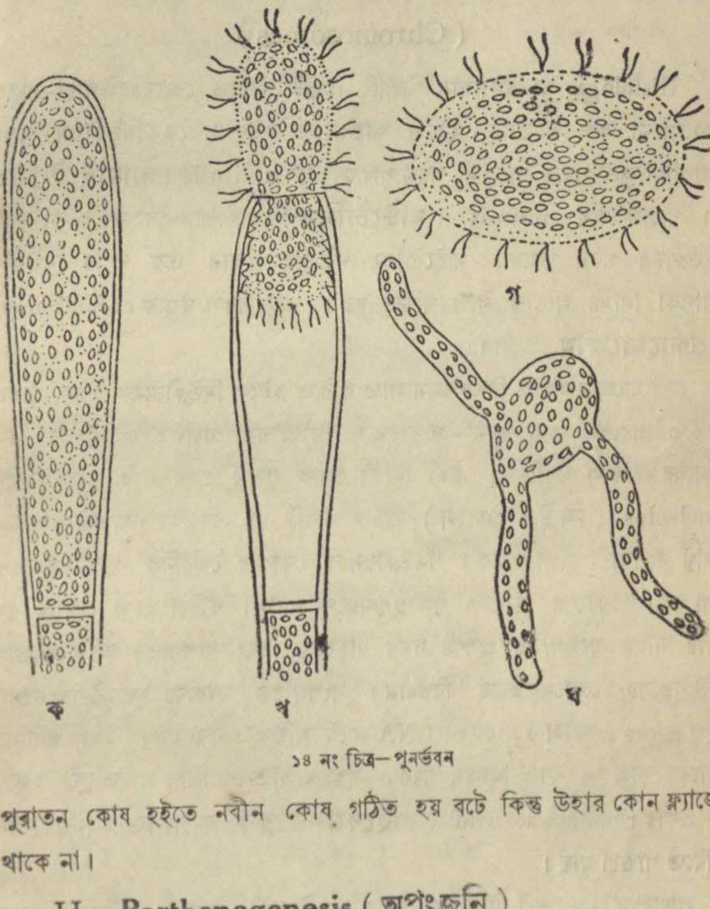
E. & F. Conjugation & Fertilization (সংশ্লেষ ও নিষেক)

এই প্রকার কোষগঠন যৌন জননের সময় হইয়া থাকে। যৌন জননের সময় দুইটি gamete (নগ্ন জননকোষ বা গ্যামেট) মিলিত হইয়া zygote (**জাইগোট**) উৎপন্ন করে। কোন কোন ক্ষেত্রে জননকোষগুলিকে স্ত্রী- ও পুং-জননকোষে পৃথক করা যায়। পুং-জননকোষকে spermatozoid (**শুক্রাণু**) এবং স্ত্রীজননকোষকে ovum or oosphere (**ডিম্বাণু**) বলে। একই প্রকার জনন কোষের মিলন হইলে, প্রক্রিয়াটিকে conjugation (**সংশ্লেষ**) বলে। অপরপক্ষে স্ত্রী ও পুং-জননকোষের মিলন হইলে, ইহাকে fertilization (**নিষেক**) বলে। উভয় প্রকার মিলনের ফলে যে কোষ উৎপন্ন হয় তাহাকে zygote (জাইগোট) বলে। জাইগোট সংশ্লেষ প্রক্রিয়াদ্বারা উৎপন্ন হইলে, ইহাকে zygospore (**জাইগোস্পোর**) বলে, কিন্তু নিষেক প্রক্রিয়া দ্বারা উৎপন্ন হইলে তাহাকে oospore (**উস্পোর বা ভ্রূণাণু**) বলে।

G. Rejuvenescence (পুনর্ভবন, ১৪নং চিত্র)

এই প্রক্রিয়া দ্বারা পুরাতন প্রোটোপ্লাস্ট পুনরায় নবীন ও কার্যক্ষম হয়। কোষ পুরাতন হইলে প্রোটোপ্লাস্ট কোষপ্রাচীর হইতে সঙ্কুচিত হইয়া কোষের কেন্দ্রস্থলে আসে। পরে কোষপ্রাচীর বিশ্লিষ্ট হইয়া প্রোটোপ্লাস্ট কোষের

বাহিরে আসে, ফ্ল্যাজেলার সাহায্যে কিছুক্ষণ জলে চলাফেরা করিয়া অবশেষে স্থির হয়, এবং ইহার চারিদিকে কোষপ্রাচীর গঠন করে। এই প্রকার কোষগঠন *Vaucheria* (ভাউকিরিয়া) নামক শৈবালে দেখা যায়। উচ্চশ্রেণীর উদ্ভিদে



১৪ নং চিত্র—পুনর্ভবন

পুরাতন কোষ হইতে নবীন কোষ গঠিত হয় বটে কিন্তু উহার কোন ফ্ল্যাজেলা থাকে না।

H. Parthenogenesis (অপুংজনি)

সময় সময় azygospore (**অ্যাজাইগোস্পোর**) নামক বিশেষ স্পোর-দ্বারা জনন হয়। সংশ্লেষ বিফল হইলে কোন একটি জননকোষ হইতে অথবা নিষেক বিফল হইলে ইহা স্ত্রী-জননকোষ হইতে উৎপন্ন হয়। এই প্রকার জননকে parthenogenesis (**অপুংজনি**) বলে। ইহা সাধারণত *Mucor* (মিউকর) *Spirogyra* (স্পাইরোগাইরা) প্রভৃতি উদ্ভিদে দেখা যায়।

———

চতুর্থ অধ্যায়

ক্রোমোজোম

(Chromosomes)

Histology বা কলাস্থান অধ্যায়ে একটি জীবিত কোষের উপাদানসমূহের আলোচনা করা হইয়াছে ; ইহাও আলোচিত হইয়াছে যে, নিউক্লীয়স আপনা আপনি উদ্ভূত হইতে পারে না, পরন্তু সাধারণভাবে amitosis (**অ্যামাইটোসিস**) বা পরোক্ষভাবে mitosis (**মাইটোসিস**) প্রক্রিয়ায় বিভক্ত হইয়া নূতন নিউক্লীয়স গঠন করে। মাইটোসিস-প্রক্রিয়ার কোন এক দশার নিউক্লীও জালিকা নির্দিষ্ট সংখ্যক খণ্ডে খণ্ডিত হয়। এই সকল খণ্ডকে chromosomes (**ক্রোমোজোম**) বলে।

ক্রোমোজোম সম্বন্ধে বিশদ জ্ঞান লাভ করিতে হইলে নিউক্লীয়সের গঠন, ক্রিয়া প্রভৃতি সবিশেষ তথ্য জানা প্রয়োজন। নিউক্লীয়স প্রধানত গোলাকার এবং কোষের মধ্যস্থলে অবস্থিত। ইহা নির্দিষ্ট রঞ্জক পদার্থ গ্রহণ করে এবং ইহাতে nucleolus (**নিউক্লীওলাস**) নামক একটি বা একাধিক অতিরিক্ত রঞ্জক পদার্থ গ্রহণকারী অংশ থাকে। নিউক্লীয়সকে কোষের জৈবনিক কার্যনিয়ন্ত্রণকেন্দ্র বলা হয়। কোষের আকৃতি পুঙ্খানুপুঙ্খরূপে পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে ইহার সহিত বংশগতির সুস্পষ্ট সম্বন্ধ রহিয়াছে এবং বংশগতির মূল কারণগুলি নিউক্লীয়সের ক্রোমোজোমে বিদ্যমান। বংশগতির কারণের মূল উপাদানগুলি হইল genes (**জীন**) যাহাদের DNA নামে অভিহিত করা হয়। ইহা প্রধানত কোষের বৃদ্ধি ও কার্য নিয়ন্ত্রণ করে। ইহা ব্যতীত প্রোটিনের সহিত যুক্ত হইয়া বহু প্রকার ribonucleic acid (**রাইবোনিউক্লিক অ্যাসিড**) নিউক্লীয়সে দেখিতে পাওয়া যায়।

সাধারণত উচ্চশ্রেণী উদ্ভিদের কোষে একটিমাত্র নিউক্লীয়স দেখিতে পাওয়া যায়। পূর্বে ধারণা ছিল যে, bacteria (**ব্যাকটিরিয়া**) এবং Myxophyceae বা নীলাভ সবুজ বর্ণের শৈবালের কোষ নিউক্লীয়সবিহীন, কিন্তু বিশেষ পরীক্ষার দ্বারা দেখা গিয়াছে যে, ইহাতে নিউক্লীয়সের ন্যায় পদার্থ বিদ্যমান। নিম্নশ্রেণীর কতিপয় উদ্ভিদকোষ বহু নিউক্লীয়স যুক্ত হয়।

নিউক্লীয়স বিভিন্ন আকৃতিবিশিষ্ট হইতে পারে। ইহা গোলাকার, ডিম্বাকার, চ্যাপ্টা, অনিয়ত প্রভৃতি বিভিন্ন আকৃতির হইয়া থাকে।

ক্রোমোজোম এবং তৎসংক্রান্ত ক্রোমাটিন ব্যতীত নিউক্লীয়সের অন্যান্য উপাদানগুলি হইল nuclear membrane (**নিউক্লীও মেমব্রেন**) এবং nucleolus (**নিউক্লীওলাস**)। নিউক্লীওলাস দেখিতে গোলাকার এবং ইহা অতিরিক্ত রঞ্জক পদার্থ গ্রহণ করিতে সক্ষম। ইহাতে ঘনমাত্রায় প্রোটিন এবং RNA (**রাইবোনিউক্লিক অ্যাসিড**) থাকে। ইলেকট্রন অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে নিউক্লীয়স পরীক্ষা করিলে দেখা যায় যে, নিউক্লীও মেমব্রেন দুইটি স্তরের সমষ্টি এবং ইহাতে অসংখ্য ছিদ্র আছে। সম্ভবত এই সকল ছিদ্রের মধ্য দিয়া অতি ক্ষুদ্রাকৃতি ভাইরাস এবং অন্যান্য পদার্থ নিউক্লীয়স এবং সাইটোপ্লাজমের মধ্যে চলাচল করিতে পারে।

Structure of the Chromosome
(ক্রোমোজোমের আকৃতি)

কোষ-বিভাজনের সময় নিউক্লীয়সের nuclear reticulum বা **নিউক্লীও জালিকা** কয়েকটি নির্দিষ্ট সংখ্যক দণ্ডের ন্যায় খণ্ডে বিভক্ত হয়। এই সকল খণ্ডকে chromosomes (**ক্রোমোজোম**) বলে।

প্রতি ক্রোমোজোম chromonemata (**ক্রোমোনিমাটা**) নামক কয়েকটি অনুদৈর্ঘ্য উপখণ্ডের সমষ্টি এবং ইহারাই প্রকৃতপক্ষে genes (**জীন**) ধারণ করে। একটিমাত্র এইরূপ উপখণ্ডকে chromonema (**ক্রোমোনিমা**) বলে। প্রতি ক্রোমানিমা বহুসংখ্যক মালার ন্যায় অংশ দ্বারা গঠিত। ইহাদের chromomeres (**ক্রোমোমিয়ার**) বলে।

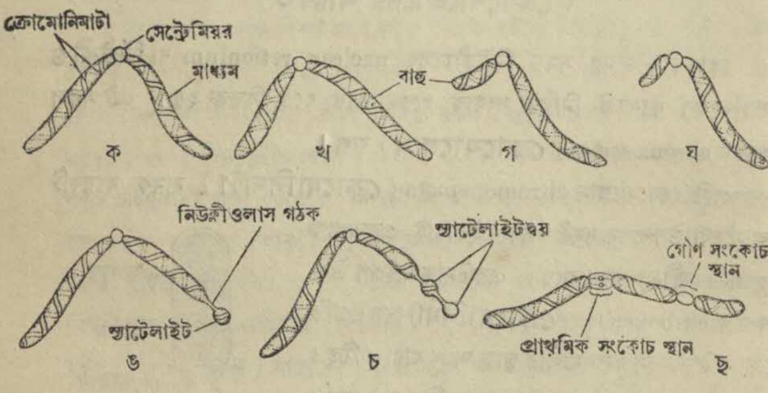
কোষ-বিভাজনের সময় প্রতি ক্রোমোজোম দুইটি সমান অংশে অনুদৈর্ঘ্যে বিভক্ত হয়। এইরূপ প্রতি অর্ধাংশকে chromatid (**ক্রোমাটিড**) বলে এবং ইহাকে কোষ-বিভাজন ক্রিয়ার একক রূপে গণ্য করা হয়।



১৪নং চিত্র—একটি অ্যানাফেজ ক্রোমোজোমের গঠন

ক্রোমোনিমাটা একটি matrix বা মাধ্যমে অবস্থান করে এবং ইহার চতুর্দিকে একটি আবরণ আছে (১৫নং চিত্র)। মাধ্যমটি আলোকে বর্ণালীগঠনে অক্ষম এবং ক্রোমোনিমাটাকে রক্ষা করাই সম্ভবত ইহার একটি কার্য।

প্রতি ক্রোমোজোম দুইটি বাহুর সমষ্টি এবং মেটাফেজ দশায় এই দুইটি বাহুর মধ্যে রঞ্জক পদার্থ গ্রহণে অক্ষম একটি সুস্পষ্ট অঞ্চল দেখা যায়। এইরূপে অঞ্চলটিকে primary constriction region (**মুখ্য সংকোচ-অঞ্চল**) বলে। এই অঞ্চলেই centromere (**সেন্ট্রোমিয়র**) অবস্থান করে। এইরূপে সেন্ট্রোমিয়রের অবস্থান অনুযায়ী ক্রোমোজোমকে (*a*) metacentric (**মেটাসেন্ট্রিক**, ১৬নং চিত্র, ক), অর্থাৎ যখন সংকোচ অঞ্চল ক্রোমোজোমের মধ্যস্থলে অবস্থিত এবং acrocentric (**অ্যাক্রোসেন্ট্রিক**, ১৬নং চিত্র, খ—ঘ) অর্থাৎ উহা যখন একপার্শ্বে থাকে, বলা হয়। ইহা ব্যতীত সংকোচ অঞ্চলের মধ্যবর্তী অবস্থান অনুযায়ী বিভিন্ন প্রকারের ক্রোমোজোম দেখা যায়। অ্যানাফেজ দশায় ক্রোমোজোমগুলি বিপরীত মেরুর দিকে অগ্রসর হয় এবং ইহার জন্য সেন্ট্রোমিয়রই দায়ী। সেন্ট্রোমিয়রের



১৬নং চিত্র—ক্রোমোজোম
ক, মেটাসেন্ট্রিক ; খ—ঘ, অ্যাক্রোসেন্ট্রিক ; ঙ—চ, স্যাটেলাইটযুক্ত ক্রোমোজোম
ছ, প্রাথমিক ও গৌণ সংকোচস্থানযুক্ত একটি মাত্র ক্রোমোজোম

অবস্থান অনুযায়ী ক্রোমোজোম বিভিন্ন আকৃতি ধারণ করে। কোষ-বিভাজনের সময় যে spindle বা **মাকুর** ন্যায় অংশ গঠিত হয় সেন্ট্রোমিয়রই তাহার তন্তু উৎপাদনে কিছুটা অংশ গ্রহণ করে। ক্রোমোজোমের অগ্রভাগে সাধারণত সেন্ট্রোমিয়র দেখা যায় না। সেন্ট্রোমিয়র বিভিন্ন আকৃতিবিশিষ্ট হইতে পারে। ইহা রঞ্জক পদার্থ গ্রহণে অক্ষম এইরূপ একটি সংকোচ স্থান যাহার প্রকৃতি বুঝা যায় না; কিন্তু ভুট্টার ক্ষেত্রে দেখা যায় যে, ইহার সুস্পষ্ট আকৃতি আছে। *Tradescantia* (**ট্রেডস্ক্যানসিয়া**) নামক উদ্ভিদের ক্ষেত্রে ইহা একটি সূক্ষ্ম

দানার ন্যায় দেখিতে যাহা রঞ্জক পদার্থ গ্রহণে সক্ষম। Tijo (টিজো) এবং Levan (লেভ্যান) নামক বিজ্ঞানীদ্বয় ক্রোমোসেণ্টারে চারিটি করিয়া ক্রোমোমিয়ারযুক্ত ক্রোমোজোমের গঠন পরীক্ষার দ্বারা সুস্পষ্ট নিরীক্ষণ করিয়াছেন। ইহার দ্বারা সেণ্ট্রোমিয়রের প্রকৃত আকৃতি নিরূপণ করা সম্ভবপর হইয়াছে। Darlington (ডারলিংটন) নামক বিজ্ঞানীর মতে (1940 খ্রীষ্টাব্দে) সেণ্ট্রোমিয়র অনেকগুলি জীনের সমষ্টি মাত্র। বহু উচ্চশ্রেণীর উদ্ভিদের ক্ষেত্রে কয়েকটি বিশিষ্ট প্রকারের সেণ্ট্রোমিয়র দেখা যায়। যখন ক্রোমোজোমের দুইটি সেণ্ট্রোমিয়র থাকে তখন ইহাকে dicentric (**ডাইসেন্ট্রিক**) ক্রোমোজোম এবং দুই-এর অধিক হইলে polycentric (**পলিসেন্ট্রিক**) ক্রোমোজোম বলে। গম গাছের কয়েকটি প্রজাতির ডাইসেন্ট্রিক ক্রোমোজোম এবং *Ascaris megalocephala* (অ্যাস্কারিস মেগালোকেফালা) নামক একপ্রকার প্রাণীর ক্ষেত্রে পলিসেন্টিক ক্রোমোজোম দেখা যায়।

Myxophyceae (মিক্সোফাইসি) নামক নীলাভ শৈবালের ক্ষেত্রে প্রকৃত নিউক্লীয়স দেখা যায় না এবং ইহার পরিবর্তে central body (**সেণ্ট্রাল বডি**) নামক নিউক্লীয়সের ন্যায় অংশ দেখিতে পাওয়া যায়। ইহাদের কোন ক্রোমোজোম থাকে না কিন্তু DNA, প্রোটিন প্রভৃতি বংশগতিজনিত পদার্থ আছে। ইহা হইতে প্রতীয়মান হয় যে, এই ক্ষেত্রে জীনঘটিত পদার্থগুলি কোন নির্দিষ্ট স্থানে অবস্থান না করিয়া সাইটোপ্লাজমে পরিব্যাপ্তি লাভ করে এবং ইহাই evolution বা **অভিব্যক্তির** প্রথম পদক্ষেপ হিসাবে গন্য করা যায়। কোন কোন Conjugales (**কন্জেগেলিস্**) এবং আদি উচ্চশ্রেণীর উদ্ভিদের ক্ষেত্রে দেখা যায় সেণ্ট্রোমিয়র কোন নির্দিষ্ট স্থানে ক্রিয়া করে না, যদিও জীনগুলি ক্রোমোজোম গাত্রে রেখাকারে সজ্জিত থাকে।

Fritillaria (**ফ্রিটিল্যারিয়া**), *Triticum* (**ট্রিটিকাম**) প্রভৃতি উদ্ভিদের ক্ষেত্রে দেখা গিয়াছে যে, সেণ্ট্রোমিয়রগুলি যে শুধু নির্দিষ্ট স্থানেই অবস্থান করে তাহাই নহে, পরন্তু ইহাদের ক্রোমোজোমে বহুসংখ্যক secondary constriction বা **গৌণ সংকোচস্থান** আছে যেগুলি রঞ্জক পদার্থ গ্রহণে অক্ষম। ইহাকে ক্রোমোজোম অভিব্যক্তির পরবর্তী পদক্ষেপ হিসাবে গণ্য করা যায়। এই সংকোচস্থানগুলি nucleolus (**নিউক্লীওলাস**) গঠনে অংশ গ্রহণ করে।

অতএব দেখা যায় যে, সাধারণ ক্ষেত্রে ক্রোমোজোমের মুখ্য সংকোচ-অঞ্চল ব্যতীত একটি Secondary constriction region বা **গৌণ সংকোচ-অঞ্চল**

আছে যাহা হইতে নিউক্লীওলাস গঠিত হয়। গৌণ সংকোচ-অঞ্চল ক্রোমোজোমের একপ্রান্তে থাকিলে এবং তৎসংলগ্ন ক্রোমোজোমের খণ্ডটি ক্ষুদ্র হইলে উহাকে satellite (**স্যাটেলাইট**) বলে (১৬নং চিত্র ঙ-চ)। Maclintock (ম্যাক্‌ক্লীনটক) নামক বিজ্ঞানীর মতে স্যাটেলাইট খণ্ডের নিম্নে এক প্রকার পদার্থ থাকে যাহা হইতে নিউক্লীওলাস্ গঠিত হয়। এই পদার্থটিকে nucleolus organizer (**নিউক্লীওলাস গঠনকারী**) বলে।

1938 খৃষ্টাব্দে Muller (মুলার) নামক বিজ্ঞানী মন্তব্য করেন যে, ক্রোমোজোমের সর্বশেষ প্রান্তকে telomere (**টেলোমিয়ার**) বলে এবং ইহার সহিত ক্রোমোজোমের অপরাংশের বিশেষ কোন সম্বন্ধ নাই। এই অংশ ক্ষতিগ্রস্ত হইলে ক্রোমোজোমের স্থিতিশীলতা বিনষ্ট হয়। Secale (সিকেল) নামক উদ্ভিদের ক্ষেত্রে সেন্ট্রোমিয়রের কার্য টেলোমিয়র সম্পন্ন করিতে সক্ষম।

ক্রোমোজোমের কোন কোন অঞ্চলকে euchromatic (**ইউক্রোমাটিক**) অঞ্চল এবং কোন কোন অঞ্চলকে heterochromatic (**হেটারোক্রোমাটিক**) অঞ্চল বলে। ইউক্রোমাটিক অঞ্চলে কার্যকরী জীন থাকে এবং উহা সাধারণত হাল্কা stain বা রঞ্জক পদার্থ গ্রহণ করে। ইউক্রোমাটিকের রঞ্জন মাত্রা RNA এবং DNA-এর নিউক্লীক অ্যাসিডের পরিমাণের উপর নির্ভর করে। হেটারো-ক্রোমাটিক অঞ্চলে সাধারণত কোন জীন থাকে না এবং উহা ঘন রঞ্জক পদার্থ গ্রহণ করে; ইহা সাধারণত সেন্ট্রোমিয়র অঞ্চলে থাকে।

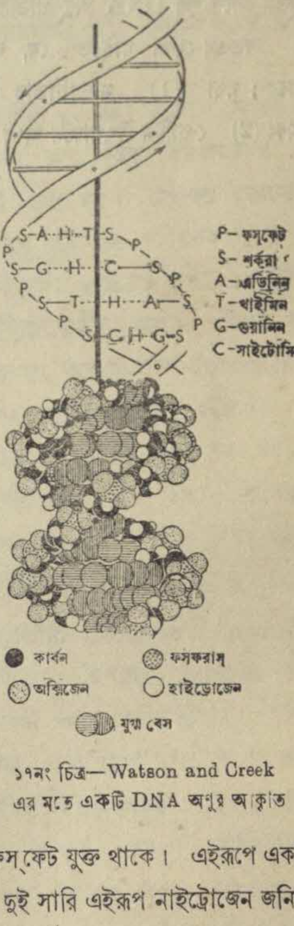
Chemical Composition of the Chromosome
(ক্রোমোজোমের রাসায়নিক গঠন)

ক্রোমোজোমের রাসায়নিক গঠন বুঝাইতে ক্রোমাটিনে অবস্থিত hereditary matters বা **বংশজাত পদার্থ** বুঝায়। এই সকল পদার্থ nucleic acid (**নিউক্লীক অ্যাসিড**) ও protein (**প্রোটিন**) দ্বারা গঠিত। নিউক্লীক অ্যাসিডগুলি হইল যথাক্রমে DNA অর্থাৎ **ডি অক্সিরাইবোজ নিউক্লীক অ্যাসিড** এবং RNA বা **রাইবোজ নিউক্লীক অ্যাসিড** এবং বিভিন্ন প্রকার প্রোটিনগুলি হইল যথাক্রমে histone (**হিস্টোন**) ও অন্যান্য জটিল প্রোটিনের যৌগ।

RNA (**রাইবোজ নিউক্লীক অ্যাসিড**)—Pentose sugar (**পেন্টোজ**

শর্করা) inorganic phosphate বা **অজৈব ফসফেটের** সহিত যুক্ত হইয়া RNA গঠন করে। ইহার শর্করাটি রাইবোজ জাতীয়। RNA-এর নাইট্রোজেন-জনিত উপাদানগুলি হইল যথাক্রমে adenine (**অ্যাডেনিন**), guanine (**গুয়ানিন**), uracil (**ইউর‍্যাসিল**), এবং cytosine (**সাইটোসিন**)। RNA মোটামুটি একটিমাত্র সূত্রের ন্যায় পদার্থ দ্বারা গঠিত।

DNA (**ডি অক্সিরাইবোজ নিউক্লীক অ্যাসিড**)—Watson and Creek (ওয়াটসন ও ক্রীক নামক বিজ্ঞানীদ্বয় 1935 খ্রীষ্টাব্দে DNA অণুর প্রকৃতি সম্বন্ধে প্রথম অনুধাবন করেন। DNA অণুর আকৃতি সমতল নহে কিন্তু ইহা spiral staircase বা **বাঁকানো সিঁড়ির** ন্যায় দেখিতে (১৭নং চিত্র)। পেন্টোজ শর্করা এবং অজৈব ফসফেটের মধ্যে রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে ইহা গঠিত হয়। ইহার শর্করাটিও ডি-অক্সিরাইবোজ জাতীয়। ক্রোমোজোমের সর্পিল স্তর দুইটিও DNA অণুর দ্বারা গঠিত। ইহার nitrogen-জনিত উপাদানগুলি হইল যথাক্রমে adenine (**অ্যাডেনিন**), thymine (**থাইমিন**), guanine (**গুয়ানিন**) এবং cytosine (**সাইটোসিন**)। ইহারা পরস্পর হাইড্রোজেন অণুর দ্বারা যুক্ত থাকে। অ্যাডেনিন ও গুয়ানিনকে Purine base (**পিউরিন বেস**) বলে এবং থাইমিন ও সাইটোসিনকে Pyrimidine base (**পাইরিমিডিন বেস**) বলে। প্রতিটি পিউরিন ও পাইরিডিন বেস এর সহিত pentose sugar বা **পেন্টোজ শর্করা** ও ফস্‌ফেট যুক্ত থাকে। এইরূপে একটি nucleotide (**নিউক্লীওটাইড**) গঠিত হয়। দুই সারি এইরূপ নাইট্রোজেন জনিত উপাদান শর্করা ও ফসফেটের সহিত যুক্ত হইয়া সর্পিল আকারে অবস্থান করে। সুতরাং DNA অণু দুইটি সর্পিল সূত্রের ন্যায় বস্তুর দ্বারা গঠিত বলিয়া মনে হয়।



১৭নং চিত্র—Watson and Creek এর মতে একটি DNA অণুর আকৃতি

DNA অণুগুলি পরিণত হইলে ইহা নূতন DNA অণু গঠন করিতে পারে। ইহার ফলে ক্রোমোজোমগুলিও দৈর্ঘ্যে দুইটি সমান অংশে বিভক্ত হইবার ক্ষমতা লাভ করে। ক্রোমোজোমগুলির উপর DNA সঞ্চিত হয় বলিয়া ইহাদের সর্পিল আকার বৃদ্ধি পায়। আধুনিককালে জীববিজ্ঞানীগণ মনে করেন যে, ক্রোমোজোমের দর্শনীয় পরিবর্তন কেবলমাত্র DNA-এর উপর নির্ভর করে না ; পরন্তু DNA-হিসটোন নামক এক প্রকার জটিল পদার্থের উপর নির্ভরশীল। শুক্রাণু এবং ডিম্বাণুতে DNA-এর অর্ধাংশ করিয়া থাকে। উহারা মিলিত হইলে নূতন জীবে পূর্ণ DNA অণু প্রতিষ্ঠিত হইয়া নূতন জীবনের সূত্রপাত করে।

অতএব দেখা যাইতেছে যে, জীবদেহে DNA দুইটি প্রধান কার্য সম্পাদন করে ; যথা (1) মাতাপিতার গুণাবলী বংশধরগুলির মধ্যে সঞ্চারিত করে, এবং (2) প্রোটিন উৎপাদনে অংশ গ্রহণ করে।

পঞ্চম অধ্যায়

পলিপ্লয়েডি

(Polyploidy)

সাধারণ ক্ষেত্রে উদ্ভিদের somatic cells (**সোমাটিক** বা **দেহকোষগুলি**)-তে জননকোষ বা গ্যামেটের তুলনায় দ্বিগুণ সংখ্যক ক্রোমোজোম থাকে; সেইজন্য সোমাটিক কোষগুলিকে diploid (**ডিপ্লয়েড**) এবং জননকোষগুলিকে haploid (**হ্যাপ্লয়েড**) বলা হয়। দুইটি হ্যাপ্লয়েড গ্যামেটের যৌন মিলনের ফলেই ডিপ্লয়েড জাইগোট উৎপন্ন হয়।

পূর্বেই বলা হয়েছে যে, ক্রোমোজোমগুলি genes (**জীন**) নামক এক প্রকার সাধারণ স্থিতিশীল কণিকা বহন করে, কিন্তু প্রয়োজনমত উহার পরিবর্তিত হয় বা mutation (**ভিন্নাবস্থা**) প্রাপ্ত হয়। সেইজন্য ক্রোমোজোম-সংখ্যা পরিবর্তনের সাথে জীবদেহের সাধারণ গঠনেরও পরিবর্তন সাধিত হয়। ক্রোমোজোমের সংখ্যা-পরিবর্তনের সাথে উহাদের হ্যাপ্লয়েড-সংখ্যা গুণনীয়করূপে বৃদ্ধি পায়। ইহাকে polyploidy (**পলিপ্লয়েডী**) বলে। অতএব সাধারণ হ্যাপ্লয়েড সংখ্যা যদি 'n' দ্বারা সূচিত করা হয়, তবে ডিপ্লয়েড-সংখ্যা হইবে '$2n$', ট্রিপ্লয়েড-সংখ্যা হইবে '$3n$', টেট্রাপ্লয়েড-সংখ্যা অনুরূপভাবে '$4n$' হইবে।

কখন কখন ক্রোমোজোমগুলির মিলিত গোষ্ঠীর পরিবর্তন না হইয়া কয়েকটিমাত্র ক্রোমোজোমের পৃথকভাবে পরিবর্তন হয়। ইহাও পলিপ্লয়েডীর অন্তর্ভুক্ত। ক্রোমোজোম-সংখ্যার এইরূপ পরিবর্তনকে কেহ কেহ heteroploidy (**হেটারোপ্লয়েডী**) নামে অভিহিত করেন।

De Vries (ডি ভ্রীস) নামক জীববিজ্ঞানী *Oenothera lamarckiana* (ইনোথেরা ল্যামারকিয়ানা) নামক উদ্ভিদকে উপযুক্ত নিয়ন্ত্রিত পরিবেশে উৎপন্ন করিয়া সর্বপ্রথম ইহার পলিপ্লয়েডী লক্ষ্য করিয়াছিলেন। পলিপ্লয়েড উদ্ভিদগুলি বা polyploids (**পলিপ্লয়েড**) গুলি স্বাভাবিকের তুলনায় অধিকতর সবল, কোষগুলি বৃহত্তর এবং বৃহৎ আকৃতির নিউক্লীয়সযুক্ত। ইহার স্বাভাবিক ডিপ্লয়েড ক্রোমোজোম-সংখ্যা 14-এর পরিবর্তে 28-এ পরিণত হয়। পরবর্তীকালে গবেষকগণ পরীক্ষার দ্বারা বিভিন্ন প্রকার পলিপ্লয়েড উৎপন্ন করিতে সক্ষম হইয়াছেন। ইহাদের মধ্যে *Raphanus brassica* (র‍্যাফানাস ব্রাসিকা), *Primula* (প্রিমুলা) প্রভৃতি উদ্ভিদের পলিপ্লয়েড উল্লেখযোগ্য।

Classification of Polyploidy (পলিপ্লয়েডীর শ্রেণীবিভাগ)

A. **Euploidy** (**ইউপ্লয়েডী**) অর্থাৎ ক্রোমোজোমগুলির সমষ্টিগত গুণনীয়করূপে অবস্থান। ইহা **দুই** প্রকারের হইয়া থাকে—

1. Autopolyploidy (**অটোপলীপ্লয়েডী**)—এই প্রক্রিয়ায় কোন নির্দিষ্ট উদ্ভিদে ক্রোমোজোম গোষ্ঠীর বা genome (**জেনোম**)-এর সর্বসমেত জীনের পরিমাণ গুণনীয়করূপে বৃদ্ধি পায়। ইহাকে autopolyploidy (**অটোপলি-প্লয়েডী**) বলে। উদাহরণস্বরূপ বলা যায় সাধারণ ডিপ্লয়েড '$2n$' উদ্ভিদের ক্রোমোজোম-সংখ্যা উহার হাপ্লয়েড সংখ্যার দ্বিগুণ হইলে ইহাকে diploidy (**ডিপ্লয়েডী**) বা '$2n$', তিনগুণ হইলে triploidy (**ট্রিপ্লয়েডী**) বা '$3n$', চারিগুণ হইলে tetraploidy (**টেট্রাপ্লয়েডী**) বা '$4n$', পাঁচ গুণ হইলে pentaploidy (**পেন্টাপ্লয়েডী**) বা '$5n$' ইত্যাদি বলা হয়। কেহ কেহ haploid উদ্ভিদগুলিকে haploidy (হাপ্লয়েডী) বা 'n' নামে এই শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত করেন।

2. Allopolyploidy (**অ্যালোপলিপ্লয়েডী**)—এই প্রক্রিয়ায় দুইটি বিভিন্ন প্রজাতির মধ্যে যৌন জননের দ্বারা জেনোমের বা ক্রোমোজোম গোষ্ঠীর গুণনীয়ক বৃদ্ধি পায় ; ইহাকে allopolyploidy (**অ্যালোপলিপ্লয়েডী**) বলে। *Raphanus* (র‍্যাফানাস) ও *Brassica* (ব্রাসিকা) নামক এই দুইটি genus (গণ) হইতে এক প্রকার allotetraploid (**অ্যালোটেট্রাপ্লয়েড**) গঠিত হয়। ইহাকে amphidiploidy (**অ্যামফিডিপ্লয়েডী** বলে। এই প্রকার টেট্রাপ্লয়েড Raphano Brassica নামে অভিহিত হয়।

B. **Aneuploidy** (**অ্যানিউপ্লয়েডী**)—অর্থাৎ ডিপ্লয়েড উদ্ভিদের ক্রোমোজোম-সংখ্যার বৃদ্ধি বা হ্রাস দ্বারা অনিয়ত কোষ-বিভাজনের ফলে একটি বা একাধিক ক্রোমোজোম ডিপ্লয়েড ক্রোমোজোম-সংখ্যার সহিত যুক্ত অথবা উহা হইতে বিযুক্ত হইয়া উহার সংখ্যা যথাক্রমে $(2n+1)$, $(2n-1)$, $(2n-2)$, ইত্যাদিতে পরিণত হয়। এইরূপ পরিবর্তন চূড়ান্তরূপে দেখা দিলে এবং বংশপরম্পরায় পরিবর্তিত হইলে নূতন প্রজাতি জন্মলাভ করিতে পারে। ইহা নিম্নলিখিত প্রক্রিয়ায় সংঘটিত হয়, যথা—

1. Monosomics (**মনোসোমিকস্**)—যখন ডিপ্লয়েড উদ্ভিদের ক্রোমোজোম-সংখ্যা হইতে একটি মাত্র ক্রোমোজোম বিযুক্ত হয় $(2n-1)$, যথা—Datura (ধুতুরা), tobacoo (তামাক) প্রভৃতি।

3. Polysomics (**পলিসোমিকস্**)—যখন ডিপ্লয়েড উদ্ভিদের ক্রোমোজোম-সংখ্যার সহিত একটি বা একাধিক ক্রোমোজোম যুক্ত হয়। অতএব ইহারা ট্রাইসোমিকস্ $(2n+1)$, টেট্রাসোমিকস্ $(2n+2)$ ইত্যাদি হইতে পারে ; যথা, *Datura* (ধুতুরা), wheat (গম), maize (ভুট্টা) প্রভৃতি উদ্ভিদে ট্রাইসোমিক্স্ দেখিতে পাওয়া যায়।

4. Nullisomics (**নালিসোমিকস্**)—ডিপ্লয়েড উদ্ভিদের ক্রোমোজোম হইতে একটি যুগ্ম ক্রোমোজোম বিযুক্ত হইলে উহার সংখ্যা দাঁড়ায় $(2n-2)$। ইহা wheat (গম)-এ দেখা যায়।

Formation of Polyploids (পলিপ্লয়েডের উৎপাদন)

সাধারণত অনিয়মিত মাইটোসিস বা মায়োসিস কোষ-বিভাজন পদ্ধতিতে পলিপ্লয়েড উদ্ভিদের সৃষ্টি হয়। মাইটোসিস প্রক্রিয়ায়, নিউক্লীয়স বিভাজনের পর কোষপ্রাচীর গঠিত না হইলে অথবা অ্যানাফেজ দশায় বিভক্ত ক্রোমাটিড-গুলি বিচ্ছিন্ন না হইলে ক্রোমোজোমের সংখ্যা স্বভাবতই দ্বিগুণে পরিণত হয়। অনুরূপভাবে মায়োসিস প্রক্রিয়াতে, প্রথম অথবা দ্বিতীয় অথবা উভয় বিভাজন সংঘঠিত না হইলে, দ্বিগুণক-সংখ্যক ক্রোমোজোমের উৎপত্তি হয়।

বহুক্ষেত্রে, উদ্ভিদের আঘাতপ্রাপ্ত অংশগুলি ক্যালস্ কোষ দ্বারা পূর্ণ হইলে, উহা হইতে নবগঠিত মুকুলগুলিতে পলিপ্লয়েড দেখিতে পাওয়া যায়।

ব্যবহারিক প্রয়োজনীয়তা হিসাবে বিভিন্ন প্রকার কৃত্রিম প্রণালীর দ্বারা পলিপ্লয়েড উদ্ভিদ উৎপন্ন করা যায় ; যথা—

(*a*) উদ্ভিদকে আঘাত করিয়া আঘাতপ্রাপ্ত অংশে নবগঠিত ক্যালস্ কোষ হইতে পলিপ্লয়েড মুকুল সৃষ্টি করিয়া ;

(*b*) জাইগোটের প্রথম বিভাজনের সময় পুষ্পটিকে পর্যায়ক্রমে উত্তাপ এবং শীতলতার সংস্পর্শে রাখিয়া ;

(*c*) অঙ্গজ মুকুল ও পুষ্পমুকুলগুলিকে বিভিন্ন প্রকার আলোকরশ্মিতে রাখিয়া ; এবং

(*d*) অঙ্গজ জনন মুকুলগুলিকে কলচিসীন, গ্যামাক্সিন প্রভৃতি রাসায়নিক পদার্থ দ্বারা সিক্ত করিয়া।

এই প্রক্রিয়ার দ্বারা আমাদের দেশে ছোলা, তুলা, পাট, তামাক, দাইল প্রভৃতির পলিপ্লয়েড সৃষ্টি করা সম্ভব হইয়াছে। পলিপ্লয়েড উদ্ভিদের লক্ষণ হইতেছে যে—

(*i*) উদ্ভিদের বৃদ্ধি শীঘ্রই ব্যাহত হয় ;

(*ii*) পাতা এবং পুষ্প বৃহৎ আকার ধারণ করে এবং পত্ররন্ধ্রের সংখ্যা বৃদ্ধি পায় ;

(*iii*) নির্দিষ্ট সময় অতিক্রান্ত হইলে পুষ্পবিন্যাস দেখা দেয়।

QUESTIONS

1. Describe the structure of a nucleus. Mention the changes it undergoes when it divides in a cell at the root-tip region(1969)

একটি নিউক্লীয়সের গঠন বর্ণনা কর। মূলের অগ্রভাগের কোষে যখন নিউক্লীয়সের বিভাজন হয় তখন উহার যে ক্রমপরিবর্তন হয় তাহা উল্লেখ কর।

2. Describe with sketches the process of meiosis and mention its significance in the life cycle of a plant (1963).

3. Represent diagrammatically the various stages of meiosis and point out the distinctive features of the process (1968).

4. Compare and contrast the essential features of similarities and differance between a division by mitosis and that by meiosis (1964, 1970).

Or,

Compare and contrast the essential features of mitosis and meiosis. Mention the organs or tissues of common flowering plant where *n*, 2*n*, or 3*n* number of chromosomes are present.

5. Describe a method adopted for the induction of poliploidy in a plant. Explain the economic importance of such induced polyploid plants (1966).

6. What is polyploidy and geno mutation ? Mention some of the improvements in plants by application of polyploidy and Mutation (1971).

Polyploildy ও gene mutation কাহাকে বলে ? ইহাদের প্রয়োগ দ্বারা উদ্ভিদের উন্নতির কিছু উদাহরণ দাও।

7. Describe the morphology of chromosomes. Mention the important constituents of a chromosome (1967).

8. Write notes on :

(*a*) Polyploidy (1963), (*b*) Artificially raised polyploids(1962) (*c*) Multiplication of chromosome number (1964).

দ্বিতীয় ভাগ

সুপ্রজনন-বিদ্যা

(Genetics)

প্রথম অধ্যায়

সুপ্রজনন বিদ্যা
(Genetics)

মাতাপিতার গুণাবলী সন্তান-সন্ততিতে বর্তায় একথা আজ আর আমাদের নিকট অবিদিত নহে। বিজ্ঞানীরা ইহার কারণ নির্ণয়ে সমর্থ হইয়াছেন। যে প্রক্রিয়ায় ইহা ঘটিয়া থাকে তাহাকে Heredity (**বংশগতি**) বলে। জীববিদ্যার যে অংশ পাঠ করিলে বংশগতির বিষয় জানিতে পারা যায় তাহাকে Genetics (**সুপ্রজনন-বিদ্যা**) বলা হয়।

বংশগতির নিয়মের ফলেই প্রতিটি জীব তাহার নিজের মত জীবের সৃষ্টি করে এবং বংশপরম্পরায় প্রজাতির বৈশিষ্ট্যগুলি বজায় রাখে। জীবের বংশগত গুণাবলী জননকোষে অবস্থান করে এবং শুক্রাণু ও ডিম্বাণুর মিলনের ফলে যে zygote (জাইগোট) তথা নূতন জীবের সৃষ্টি হয় তাহার মধ্যেও বংশগত গুণাবলী প্রকাশ পায়। কিন্তু প্রকৃতপক্ষে বংশজাত জীব কখনই মাতাপিতার ন্যায় যথাযথ দেখিতে হয় না। এইরূপ পরিবর্তনের কারণ হইল variation বা প্রকরণ। উদাহরণস্বরূপ বলা যায় যে, দুইটি একই প্রজাতিভুক্ত উদ্ভিদ পাশাপাশি জন্মাইলেও উহারা একই environment বা পরিবেশের অন্তর্ভুক্ত নাও হইতে পারে। এইরূপ ক্ষেত্রে উহাদের একই প্রকার heridity (বংশগতি) হইলেও উহাদের মধ্যে কিছু অসাদৃশ্য পরিলক্ষিত হয়। অতএব পরিবেশের পরিবর্তনের ফলে একই বংশজাত জীবের যে পরিবর্তন লক্ষ্য করা যায় তাহাকে environmental variation (পরিবেশীয় প্রকরণ) বলা হয়। পরন্তু ক্রোমোজোম, জীন প্রভৃতি বংশগত চরিত্র-বহনকারী পদার্থের পরিবর্তনের ফলে জীবের যে পরিবর্তন হয় তাহাকে hereditary variation বা বংশগত প্রকরণ অথবা genotypic variation (জেনেটিপিক প্রকরণ) বলে। মনে রাখিতে হইবে যে, উভয় প্রকার প্রকরণই একত্রে সংঘটিত হয় এবং এইজন্য পরিবেশীয় ও বংশগত উভয়েরই একত্রিত প্রকরণের ফলেই বংশজাত জীবের পরিবর্তন হয়।

1909 খ্রীষ্টাব্দে Bateson (বেট্‌সন) নামক জীববিজ্ঞানী বংশগত পরিবর্তন এবং প্রকরণ সম্বন্ধে সুস্পষ্ট মতামত ব্যক্ত করেন এবং এই দুইটি বিজ্ঞানকে একত্রে genetics বা সুপ্রজনন-বিদ্যা নামে অভিহিত করেন।

ইহার বহু পূর্বে অবশ্য 1760 খ্রীষ্টাব্দে Kolreuter (কোলরয়টার) নামক বিজ্ঞানী তামাক গাছের একটি প্রজাতির hybridization (**সংকরণ-প্রক্রিয়া**) পর্যবেক্ষণ করিয়া মন্তব্য করেন যে, পরাগই বীজ উৎপাদনে অংশগ্রহণ করে এবং পরাগ ও ডিম্বকের মাধ্যমেই মাতাপিতার গুণাবলী সন্তান-সন্ততির মধ্যে পরিবাহিত হয়।

1866 খ্রীষ্টাব্দে Gregor Johan Mendel (গ্রেগর যোহান মেণ্ডেল) নামক একজন অষ্ট্রেলিয়াবাসী ধর্মযাজক (১৮নং চিত্র) মটর গাছের উপর বহু পরীক্ষা করিয়া কয়েকটি মূল্যবান নীতি নির্ধারণ করেন। অন্যান্য বহু উদ্ভিদের উপর অনুরূপ পরীক্ষা করিয়া তিনি এই সিদ্ধান্তে উপনীত হন যে, ঐ সকল নীতি সকল উদ্ভিদের ক্ষেত্রেই প্রযোজ্য। এই সকল নীতিকে তিনি Laws বা নিয়ম আকারে প্রকাশ করেন যেগুলি **Mendel's Laws of Inheritance** বা মেণ্ডেলের বংশ-গতির নিয়মরূপে প্রসিদ্ধ। মেণ্ডেলের পরীক্ষায় মটর গাছ মনোনয়ন করার প্রধান কারণগুলি হইল যে—(1) ইহার ফুলগুলি নিয়মিতরূপে স্বপরাগী (2) উদ্ভিদ্‌গুলির মধ্যে সুস্পষ্ট তুলনামূলক বৈশিষ্ট্য দেখিতে পাওয়া যায়, এবং (3) সংকর উদ্ভিদগুলি নিয়মিত বংশবৃদ্ধি করিতে সক্ষম। মেণ্ডেলের এই প্রসিদ্ধ আবিষ্কার প্রথমে বিশেষ প্রকাশ লাভ করে নাই কিন্তু De Vries (ডি ভ্রীস্), Correns (করেন্স) ও Tschermark (শেরমার্ক) নামক বিশিষ্ট বিজ্ঞানীগণই ইহাকে পূর্ণ প্রতিষ্ঠালাভে সহায়তা করেন। এইরূপ একটি যুগ্ম বৈশিষ্ট্যসম্পন্ন দুইটি জীবের মধ্যে যৌন জননসম্পন্ন হইলে তাহাকে monohybrid cross (**একক সংকর জনন**) বলে।



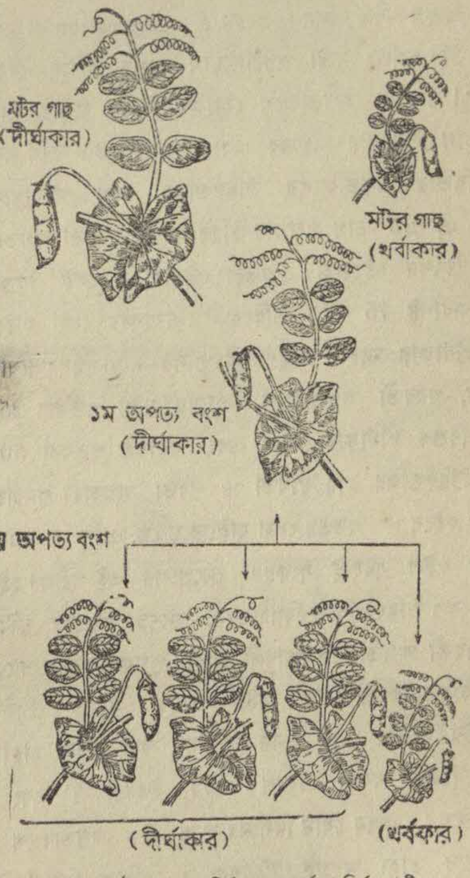
১৮ নং চিত্র—গ্রেগর যোহান মেণ্ডেল

Mendel's Experiment
(মেণ্ডেলের পরীক্ষা)

1. Single Character or Monohybrid Cross (একক চরিত্র জনন বা একক সংকর জনন)

ইহাই মেণ্ডেলের প্রথম পরীক্ষা। তিনি *Pure* tall বা বিশুদ্ধ দীর্ঘাকার চরিত্রের এবং *Pure* dwarf বা বিশুদ্ধ খর্বাকার চরিত্রের দুইটি মটর গাছের

মধ্যে যৌন জনন সম্পাদন করেন। বিশুদ্ধ চরিত্র বলিতে স্বপরাগযোগের ফলে পরবর্তী অপত্যবংশে মাতাপিতার নির্দিষ্ট চরিত্রটি সর্বদাই প্রকাশ পাওয়াকেই বুঝায়। দীর্ঘাকার এবং খর্বাকার এই দুইটি হইল তুলনামূলক বৈশিষ্ট্য। অনুরূপভাবে মসৃণ এবং কুঞ্চিত, রঙীন এবং সাদা প্রভৃতি হইল তুলনামূলক



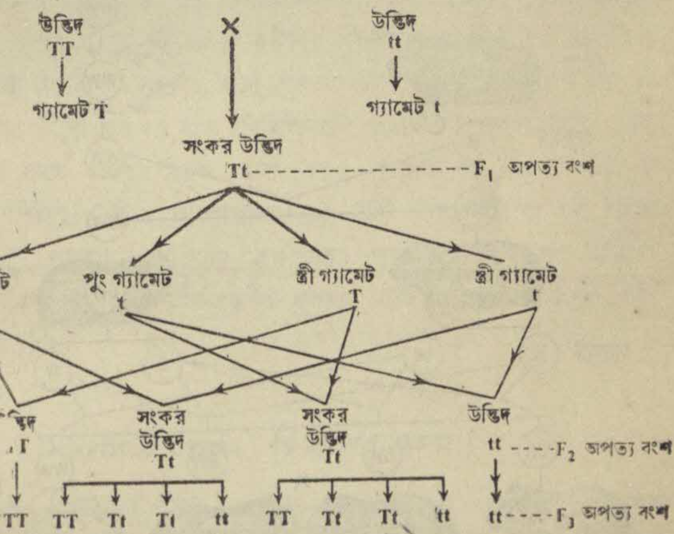
১৯নং চিত্র—মটর গাছের দীর্ঘতা এবং খর্বতা নির্ণয় পরীক্ষা

বৈশিষ্ট্য। এইরূপ তুলনামূলক যুগ্ম বৈশিষ্ট্যকে allelomorphs or alleles (**অ্যালেলোমর্ফ** বা **অ্যালিল**) বলে। এই প্রকার তুলনামূলক বৈশিষ্ট্যযুক্ত দীর্ঘাকার এবং খর্বাকার চরিত্রের মটর গাছের মধ্যে মিলনের ফলে যে উদ্ভিদ উৎপন্ন হয় তাহাকে hybrid (**সংকর** উদ্ভিদ) বলে। মেণ্ডেল লক্ষ্য করেন যে

সংকর উদ্ভিদগুলির প্রতিটি দীর্ঘাকার চরিত্রের হইয়া থাকিলেও উহাদের মধ্যে খর্বাকার চরিত্রটি বিরাজ করে। সুতরাং দেখা যাইতেছে যে, দুইটি বিপরীতধর্মী গুণের মধ্যে একটি গুণ আত্মপ্রকাশ করিতে সক্ষম অর্থাৎ দীর্ঘাকার চরিত্র, যাহাকে তিনি *dominant* character বা প্রবল গুণ নামে অভিহিত করেন এবং যে গুণটি আত্মপ্রকাশ করিতে অক্ষম অর্থাৎ খর্বাকার চরিত্র, তাহাকে *recessive* character বা প্রচ্ছন্ন চরিত্র বলেন। এখন F_1 generation বা প্রথম অপত্য-বংশের সংকর উদ্ভিদগুলির মধ্যে স্বপরাগযোগ সম্পন্ন করিলে দেখা যায় F generation বা দ্বিতীয় অপত্যবংশে যেসকল উদ্ভিদ জন্মায় তাহাদের মধ্যে শতকরা 75 ভাগ দীর্ঘাকার চরিত্রের এবং শতকরা 25 ভাগ খর্বাকার চরিত্র-বিশিষ্ট হয়। দ্বিতীয় অপত্যবংশের উদ্ভিদগুলির মধ্যে স্বপরাগযোগ করিলে দেখা যায় যে, ঐ 25 ভাগ খর্বাকার উদ্ভিদ হইতে পরবর্তী অপত্যবংশে সর্বদাই খর্বাকার উদ্ভিদ উৎপন্ন হইতেছে। সুতরাং ইহারা সকলেই বিশুদ্ধ। দ্বিতীয় অপত্যবংশের অবশিষ্ট 75 ভাগ উদ্ভিদগুলি দীর্ঘাকার দেখা যাইলেও উহারা সকলে বিশুদ্ধ দীর্ঘাকার নহে। এই উদ্ভিদগুলির মধ্যে স্বপরাগযোগ ঘটাইলে দেখা যাইবে যে, পরবর্তী অপত্যবংশে উহাদের মধ্যে শতকরা 25 ভাগ উদ্ভিদ হইতে সর্বদাই বিশুদ্ধ দীর্ঘাকার উদ্ভিদ এবং অবশিষ্ট শতকরা 50 ভাগ উদ্ভিদ হইতে উৎপন্ন উদ্ভিদগুলির হার দীর্ঘতা ও খর্বতা অনুযায়ী পুনরায় 75 ও 25 এইরূপ অনুপাতে হইবে। অতএব দেখা যাইতেছে যে, প্রতি অপত্যবংশে উৎপন্ন 50 ভাগ উদ্ভিদ হইল সর্বদাই সংকর। মেণ্ডেলের এই পরীক্ষা হইতে স্পষ্টতই বুঝান যায় যে, সংকর উদ্ভিদগুলিতে বিপরীতধর্মী গুণের সমাবেশ ঘটিলেও জনন-কোষ মারফত পরবর্তী অপত্যবংশে গুণাবলী আবার পৃথকও হইতে পারে।

একটি দীর্ঘাকার চরিত্রের (TT) মটর গাছের সহিত একটি খর্বাকার চরিত্রের (tt) মটর গাছের যৌন জনন সম্পাদন করা হইল যাহার T চিহ্নটি দীর্ঘতা এবং t চিহ্নটি খর্বতা প্রকাশ করে। ইহারা T এবং t চরিত্রের গ্যামেট উৎপন্ন করিবে। এখন যৌন মিলনের ফলে F_1 অপত্যবংশে যে সংকর উদ্ভিদ উৎপন্ন হইবে তাহা অবশ্যই T এবং t মিশ্রিত চরিত্রের হইবে; কিন্তু T চরিত্রটি প্রবল বলিয়া ইহাই প্রকাশ লাভ করিবে। এই Tt সংকর উদ্ভিদটি T এবং t চরিত্রের দুই প্রকার গ্যামেট উৎপাদন করিবে এবং ইহারা পুং ও স্ত্রী উভয় গ্যামেটেই প্রকাশ পাইবে। T_1 অপত্যবংশের উদ্ভিদের মধ্যে স্বপরাগযোগের ফলে পুং- ও স্ত্রী-গ্যামেটগুলি combination বা সমবায় প্রক্রিয়ায় মিলিত হয়। ইহার ফলে তিন প্রকার উদ্ভিদের সৃষ্টি হয় যাহার

মধ্যে একটি TT অর্থাৎ দীর্ঘাকার চরিত্রের বিশুদ্ধ উদ্ভিদ, একটি tt অর্থাৎ খর্বাকার চরিত্রের বিশুদ্ধ উদ্ভিদ এবং অবশিষ্ট দুইটি Tt চরিত্রের সংকর দীর্ঘাকার উদ্ভিদ। বিশুদ্ধ চরিত্রের উদ্ভিদগুলি পরবর্তী অপত্যবংশে সর্বদাই বিশুদ্ধ চরিত্রের উদ্ভিদ উৎপাদন করিবে কিন্তু সংকর উদ্ভিদগুলি পরবর্তী অপত্যবংশে পুনরায় 1 : 2 : 1 এই অনুপাতে বিশুদ্ধ সংকর ও বিশুদ্ধ উদ্ভিদ উৎপাদন করিবে। ইহা নিম্নে অঙ্কিত চিত্রে বুঝান হইল ; যথা—



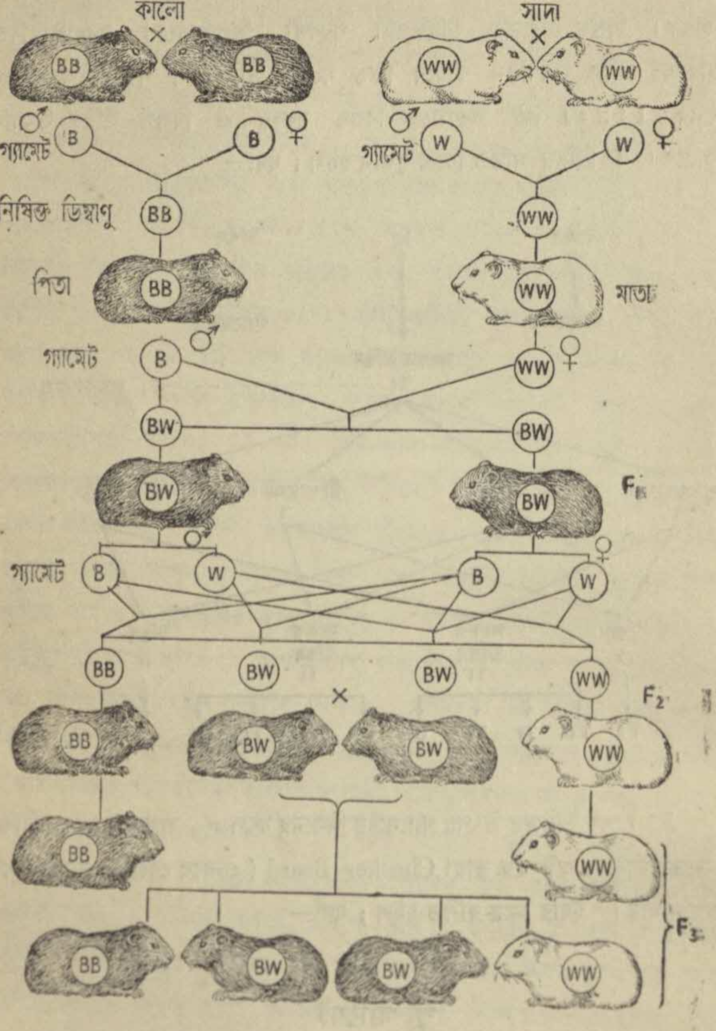
F_1 সংকর উদ্ভিদের উৎপন্ন গ্যামেটের মিলনের ফলে F_2 অপত্যবংশে যে বিভিন্ন চরিত্রের উদ্ভিদের সৃষ্টি হয় তাহা Checker Board (চেকার বোর্ড) নামক ছকে দেখান যায়। ইহার নিম্নে বর্ণিত হইল ; যথা—

পুং-গ্যামেট

স্ত্রী-গ্যামেট	T	t
T	TT	Tt
t	Tt	tt

$=1\,TT+2\,Tt+1\,tt=1:2:1$ অনুপাত

চেকার বোর্ড পাঠ করিয়া জানিতে পারা যায় যে pure বা বিশুদ্ধ গুণসম্পন্ন জাইগোটগুলিতে (*TT* অথবা *tt*), দুইটি সমপ্রকৃতির গুণই বিদ্যমান রহিয়াছে



২০নং চিত্র—বিশুদ্ধ কালো এবং বিশুদ্ধ সাদা গিনিপিগের একক সংকর জনন

(পুং-গিনিপিগ ♂ ; স্ত্রী-গিনিপিগ ♀)

এবং সেইজন্য ইহাদিগকে দীর্ঘতা-অথবা খর্বতা-বৈশিষ্ট্য অনুযায়ী homozygous (**হোমোজাইগাস**) বলা হয়। পরন্তু দুইটি সংকর জাইগোটের প্রতিটিতে

(Tt) দুইটি ভিন্ন প্রকৃতির গুণ রহিয়াছে এবং সেইজন্য দীর্ঘতা-এবং খর্বতা-গুণ অনুযায়ী ইহাদিগকে heterozygous (**হেটারোজাইগাস**) বলা হয়।

বিভিন্ন প্রাণীর উপর বংশগতির পরীক্ষা দেখান যাইতে পারে (২০নং চিত্র) :

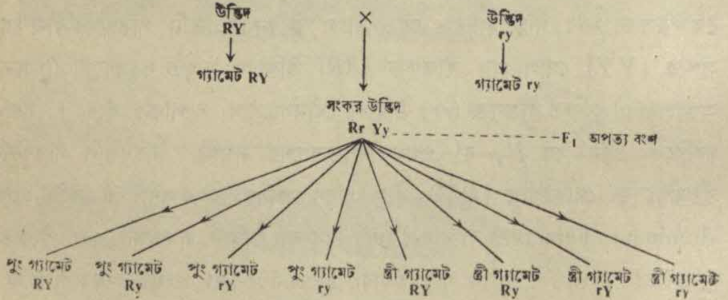
এই পরীক্ষার জন্য বিশুদ্ধ গুণসম্পন্ন সাদা ও কালো রঙের গিনিপিগ লওয়া যাইতে পারে। একটি সাদা ও একটি কালো রঙের গিনিপিগের সমস্ত সন্ততি প্রথম অপত্যবংশে কালো রঙের হয় কারণ ইহা প্রবল গুণসম্পন্ন চরিত্র। কিন্তু ইহাদের মধ্যে সাদা রঙ recessive বা প্রচ্ছন্নভাবে থাকায় ঐগুলি অবিশুদ্ধ কালো বলিয়া বিবেচিত হইবে। দ্বিতীয় অপত্যবংশে গিনিপিগের যে সন্তান জন্মাইবে সেগুলির মধ্যে শতকরা 75 ভাগের রঙ কালো এবং 25 ভাগের রঙ সাদা হয়। সাদা গিনিপিগগুলি pure বা বিশুদ্ধ সাদা এবং তাহাদের সমস্ত সন্ততির রঙও সাদা হয়। কালো রঙ dominant বা প্রবল বৈশিষ্ট্যপূর্ণ বলিয়া কালোগুলির মধ্যে 25টি বিশুদ্ধ কালো এবং তাহারা কেবলমাত্র কালো গিনিপিগের জন্ম দেয়। বাকী 50টি কালো গিনিপিগ অবিশুদ্ধ এবং তাহাদের সন্ততিগুলির শতকরা 75টি কালো ও 25টি সাদা রঙের হয়।

2. Dihybrid cross (দ্বি-সংকর জনন)

মেণ্ডেল, a pair of allelomorphic characters বা একজোড়া তুলনামূলক বৈশিষ্ট্যযুক্ত মটর গাছ লইয়া এই পরীক্ষা করেন। তিনি পীতবর্ণের বীজপত্র-সম্পন্ন (YY) গোলাকার বীজযুক্ত (RR) উদ্ভিদের সহিত সবুজবর্ণের বীজপত্র-সম্পন্ন (yy) কুঞ্চিত বীজযুক্ত (rr) উদ্ভিদের যৌনসংযোগ সম্পাদন করেন। তিনি দেখিতে পান যে F_1 বা প্রথম অপত্যবংশের সংকর উদ্ভিদগুলি পীতবর্ণের বীজপত্রযুক্ত গোলাকার (RY) বীজ ধারণ করিয়াছে কারণ এই দুইটিই হইল dominant characters বা প্রবল গুণ। সংকর উদ্ভিদে, সবুজবর্ণ এবং কুঞ্চিত-গাত্র এই চরিত্রগুলি থাকিলেও ইহারা recessive বা প্রচ্ছন্ন অবস্থায় থাকে। মায়োসিস প্রক্রিয়ায় গ্যামেট উৎপন্নের সময় পিতা এবং মাতা হইতে আগত homologous বা সমসংস্থ ক্রোমোজোমের ক্রোমাটিডদ্বয়ের মধ্যে পরস্পর বিনিময় ঘটে যাহার ফলে চরিত্রগুলির segregation বা পৃথকীকরণ হয়। এইরূপে প্রতি পুং-এবং স্ত্রী-উদ্ভিদে চারি প্রকার গ্যামেট উৎপন্ন হয় যাহাদের চরিত্রগুলি এইরূপ ; যথা—গোলাকার এবং পীতবর্ণের (RY), গোলাকার এবং

সবুজবর্ণের (Ry) কুঞ্চিত এবং পীতবর্ণের (rY) ও কুঞ্চিত এবং সবুজবর্ণের (ry)। এখন সংকর উদ্ভিদগুলির মধ্যে স্বপরাগযোগের ফলে, ইহাদের গ্যামেটগুলির combination বা সমবায় প্রক্রিয়ায় মিলন ঘটে। অতএব F_2 বা দ্বিতীয় অপত্যবংশে তিনি দেখিতে পান যে বৈশিষ্ট্যগুলি বংশধরগুলির মধ্যে 9 : 3 : 3 : 1—এই অনুপাতে সঞ্চারিত হইয়াছে। অর্থাৎ সমুদয় 16টি উদ্ভিদের মধ্যে 9টি উদ্ভিদের বীজ গোলাকার এবং পীতবর্ণের বীজপত্রসম্পন্ন, 3টি উদ্ভিদের বীজ গোলাকার এবং সবুজবর্ণের বীজপত্রসম্পন্ন, 3টি উদ্ভিদের বীজ কুঞ্চিত এবং পীতবর্ণের বীজপত্রসম্পন্ন ও একটিমাত্র উদ্ভিদের বীজ কুঞ্চিত ও সবুজবর্ণের বীজপত্রসম্পন্ন। অতএব দেখা যাইতেছে যে, চরিত্রের dominance বা প্রাবল্য অনুযায়ী চারি প্রকার বহিঃআকৃতিবিশিষ্ট উদ্ভিদ উৎপন্ন হইয়াছে। ইহাদিগকে phenotypes (**ফেনোটাইপ**) বলে। এইরূপে $RRYY$, $RrYY$, $RrYy$ ইত্যাদি হইল এক প্রকার ফেনোটাইপ কারণ ইহারা সকলেই গোলাকার এবং পীতবর্ণের বীজপত্রসম্পন্ন উদ্ভিদ উৎপন্ন করে। কিন্তু প্রজনন-সংক্রান্ত গঠন অনুযায়ী নয় প্রকার উদ্ভিদ গঠিত হয়। ইহাদের genotypes (**জেনোটাইপ**) বলে। এইরূপে $RRyy$, $RrYy$, $Rryy$ প্রভৃতির প্রত্যেকটি এক একটি পৃথক genotype।

সংকর উদ্ভিদের চরিত্রগুলি যে প্রকারে গ্যামেটগুলির মধ্যে বিন্যাসিত হয় তাহা নিম্নের চিত্রে বুঝান হইয়াছে।



পুং- এবং স্ত্রী-গ্যামেটগুলি যে প্রকারে মিলিত হইয়া F_2 অপত্যবংশে বিভিন্ন চরিত্রের উদ্ভিদ উৎপন্ন করে তাহা Checker Board (চেকার বোর্ড) নামক ছকে দেখান যায় ; যথা—

পুং-গ্যামেট

স্ত্রী-গ্যামেট

	RY	*Ry*	*rY*	*ry*
RY	*RRYY*	*RRYy*	*RrYY*	*RrYy*
Ry	*RRYy*	*RRyy*	*RyYy*	*Rryy*
rY	*RrYY*	*RrYy*	*rrYY*	*rrYy*
ry	*RrYy*	*Rryy*	*rrYy*	*rryy*

যখন পিতা এবং মাতা উভয়েরই বিপরীত ধর্মী গুণাবলী থাকে অর্থাৎ ইহারা হেটারোজাইগাস হয় তখন তাহাদের মিলনের ফলে যে সকল সন্তান-সন্ততি জন্মায় তাহাদের জেনোটাইপের সংখ্যা নির্ণয় করা সম্ভবপর হয় না। প্রকৃত জেনোটাইপের সংখ্যা নির্ণয় করিবার জন্য এক প্রকার test cross or back cross (পরীক্ষামূলক জনন)-এর ব্যবস্থা আছে। ইহা হইল যে-কোন একটি হেটারোজাইগাস পিতা এবং মাতার সহিত উহাদের homozygous recessive (প্রচ্ছন্ন সমধর্মী গুণাবলীসম্পন্ন) জীবের মিলন ঘটাইলে যে সকল সন্তান-সন্ততি জন্মায় তাহাদের মধ্যে চারি প্রকার ফেনোটাইপ এবং চারি প্রকার জেনোটাইপ উৎপন্ন হইতে দেখা যায়।

নিম্নলিখিত ছক হইতে ইহা বুঝিতে পারা যায়:

RrYy X *rryy*

↑ ↓

ry

RY	*RrYy*	গোলাকার পীতবর্ণের	$\frac{1}{4}$
Ry	*Rryy*	গোলাকার সবুজবর্ণের	$\frac{1}{4}$
rY	*rrYy*	কুঞ্চিত পীতবর্ণের	$\frac{1}{4}$
ry	*rrYy*	কুঞ্চিত গোলাকার	$\frac{1}{4}$

Mendel's of Heredity (মেণ্ডেলের বংশগতির নিয়ম)

উক্ত পরীক্ষাগুলির উপর ভিত্তি করিয়া মেণ্ডেল বংশগতির দুইটি মূল সূত্র প্রকাশ করেন। ইহারাই যথাক্রমে Mendel's Laws of Heredity বা মেণ্ডেলের বংশগতির নিয়মরূপে খ্যাত। সূত্রগুলি হইল (*i*) Law of segregation বা পৃথকীকরণ সূত্র এবং (*ii*) Law of independent assortment বা মুক্ত সঞ্চারণ সূত্র। বুঝাইবার সুবিধার্থে Law of Dominance and Recessive বা প্রবল এবং প্রচ্ছন্ন গুণ নামক সূত্রটি প্রথম সূত্র হইতে পৃথক একটি সূত্রের আকারে আলোচনা করা হইয়াছে।

মেণ্ডেলের সূত্রগুলি এইরূপ ; যথা—

1. **Law of Segregation (পৃথকীকরণ সূত্র)** – Fertilization বা নিষেককালে যে-কোন গুণাবলী জাইগোটের মধ্যে আসুক না কেন তাহারা সম্পূর্ণরূপে মিশ্রিত হয় না এবং মায়োসিস প্রক্রিয়ায় বিপরীত গুণাবলী পৃথক হইয়া যায়। ইহাই মেণ্ডেলের বংশগতি সূত্রের বৈশিষ্ট্য।

2. **Law of Dominance and Recessive (প্রবল ও প্রচ্ছন্ন গুণসূত্র)**—যুগ্ম তুলনামূলক বৈশিষ্ট্যসম্পন্ন দুইটি উদ্ভিদের মধ্যে cross-pollination বা ইতরপরাগযোগ সংঘটন করিলে F_1 generation বা প্রথম অপত্যবংশের উদ্ভিদগুলিতে সর্বদাই dominant character অর্থাৎ প্রবল গুণ আত্মপ্রকাশ করে এবং recessive character অর্থাৎ প্রচ্ছন্ন গুণ সুপ্ত অবস্থায় থাকে।

3. **Law of Independent assortment (মুক্ত সঞ্চারণ সূত্র)**—এই সূত্র কেবলমাত্র দুইটি বা অধিক যুগ্ম তুলনামূলক গুণসম্পন্ন জীবের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য। F_1 generation বা প্রথম অপত্যবংশের যুগ্ম চরিত্রগুলি pure বা শুদ্ধ চরিত্র হইতে পৃথক হইয়া F_2 generation বা দ্বিতীয় অপত্যবংশে বিভিন্ন প্রকারে পুনরায় মিলিত হয় এবং বিশুদ্ধ ও সংকর উদ্ভিদ সৃষ্টি করে। এই ক্ষেত্রে প্রতি যুগ্ম চরিত্র-সম্পন্ন বংশধরগুলির মধ্যে মুক্ত সঞ্চারণ ঘটে।

দ্বিতীয় অধ্যায়

বংশগতির ভৌত মূলসূত্র
(Physical Basis of Heredity)

মায়োসিসের সময় ক্রোমোজোমগুলির আচরণ প্রকৃতিগত ভৌত মূলসূত্রের কারণ; ইহারাই বংশগত চরিত্র গঠন অথবা নিয়ন্ত্রণ করে। ইহাকে বর্তমানে chromosome theory of inheritance (**বংশগতির ক্রোমোজোম-তত্ত্ব**) বলে। অধিকন্তু extra nuclear inheritance (**বহিঃ-নিউক্লীয় বংশগতি**) নামক আরও একটি মতবাদ আছে এবং এই দুইটি তত্ত্বকেই একত্রে physical basis of heredity (**বংশগতির ভৌত মূলসূত্র**) বলা হয়।

ইহা বুঝিতে হইলে নিম্নলিখিত বিষয়বস্তুর আলোচনা করা প্রয়োজন। যথা—

Genes or Determiners (**জীন** বা **ডিটারমাইনার**)—জীন একটি বাস্তব পদার্থের একক যাহা জীবের কোন বিশেষ চরিত্রগঠনকে নিয়ন্ত্রিত করে। জীনগুলি অতি সূক্ষ্ম পদার্থ-বিশেষ এবং এইগুলি ক্রোমোজোমের গাত্রে মালার ন্যায় রেখাকারে সজ্জিত থাকে। ইহারাই বংশগতির চূড়ান্ত এককরূপে প্রতিপন্ন হয়। একটি ক্রোমোজোমে এইরূপ শত শত জীন থাকে। ইহার ফলে জীনগুলি অতি ক্ষুদ্রাকার হইয়া থাকে এবং সাধারণ অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যেও ইহাদের দৃষ্টিগোচর হয় না। প্রশ্ন হইতে পারে যে, যদি ইহাদের দেখাই যায় না তবে কিরূপে ইহাদের অস্তিত্ব প্রমাণিত হইল? ক্রোমোজোমে অবস্থিত জীনের সহিত পদার্থের আণবিক উপাদানের তুলনা করা যাইতে পারে। পরীক্ষালব্ধ ফলের দ্বারা যেরূপ পদার্থের অণুর অস্তিত্ব জানিতে পারা যায় সেইরূপ hybridization বা প্রজনন প্রণালীতে ক্রোমোজোমে জীনের অবস্থান বুঝিতে পারা যায়। জীনের রাসায়নিক গঠন সম্বন্ধে যদিও সবিশেষ তথ্য জানা যায় নাই তথাপি ইহা প্রমাণিত হইয়াছে যে, ইহাদের বৃদ্ধি আছে। জীনগুলি একটি নির্দিষ্ট আকার ধারণ করিলে দুইটি অংশে বিভক্ত হয় এবং এইরূপে একটি জীন হইতে অসংখ্য জীনের উৎপত্তি হইতে পারে। ক্রোমোজোমের বৃদ্ধি এবং বিভাজনের সাথে ইহাতে অবস্থিত জীনগুলির বৃদ্ধি এবং বিভাজন হইয়া থাকে।

অতএব ক্রোমোজোমের আকৃতি ও বিভাজন সম্বন্ধে সুস্পষ্ট ধারণা না থাকিলে ইহাদের বণ্টন এবং বংশগতির প্রক্রিয়া সম্বন্ধে কিছুই জানা যায় না। ইহা বুঝাইবার জন্য বিভাজনের সময় ক্রোমোজোমের আচরণ সম্বন্ধে সংক্ষিপ্ত বিবরণ নিম্নে দেওয়া হইল :

(*a*) **Chromosomes in somatic cells (সোমাটিক বা দেহ-কোষের ক্রোমোজোম)**—সকল উদ্ভিদ ও প্রাণীর দেহকোষের নিউক্লীয়সে যুগ্ম ক্রোমোজোমগুলি দুইটি set বা গোষ্ঠীতে বিরাজ করে। ইহারা যথাক্রমে পিতৃ এবং মাতৃ-যৌনকোষ হইতে আগত। সেইজন্য ইহাদের পুং- ও স্ত্রী-ক্রোমোজোম গোষ্ঠী বলিয়া গণ্য করা হয়। পুং- এবং স্ত্রী-ক্রোমোজোম গোষ্ঠীতে অবস্থিত জীনগুলির যথাযথ অবস্থান ও বিন্যাসও অনুরূপ হইয়া থাকে। অতএব সাধারণভাবে বলা যায় যে, প্রতি দেহকোষের নিউক্লীয়সে ক্রোমোজোমগুলি যুগ্ম বা homologous (**সমসংস্থ**)-রূপে অবস্থান করে এবং এই সংখ্যাকে diploid (**ডিপ্লয়েড**) বা $2n$ সংখ্যা বলে।

(*b*) **Chromosomes in germ cells (যৌন কোষের ক্রোমোজোম)**—কতকগুলি ডিপ্লয়েড কোষের ম্যায়োসিস পদ্ধতিতে কোষ-বিভাজনের ফলে গ্যামেট বা যৌন কোষ উৎপন্ন হয়। মায়োসিস প্রক্রিয়া-দুইটি ক্রমবিভাজনের সমষ্টি। প্রথম প্রকার বিভাজনের সময় সমসংস্থ ক্রোমোজোমগুলি পরস্পর বিচ্ছিন্ন হয় কিন্তু কোনো ক্রোমোজোমই কখনও দুইটি খণ্ডে বিভক্ত হয় না। ইহার ফলে দুইটি গঠিত অপত্যকোষের ক্রোমোজোম-সংখ্যা মাতৃকোষের ক্রোমোজোম-সংখ্যার অর্ধেকে পরিণত হয়। ইহাকে haploid (**হ্যাপ্লয়েড**) বা n-সংখ্যক ক্রোমোজোম-সংখ্যা বলে। পরবর্তী বিভাজনেব সময় ক্রোমোজোমগুলি পরস্পর অনুদৈর্ঘ্যে দুইটি খণ্ডে বিভক্ত হয়। অতএব দেখা যাইতেছে যে, একটি ডিপ্লয়েড মাতৃকোষ হইতে চারিটি হ্যাপ্লয়েড যৌন কোষ বা গ্যামেট উৎপন্ন হয় এবং ইহাদের প্রত্যেকেরই n-সংখ্যক ক্রোমোজোম থাকে। নিষেকের সময় হ্যাপ্লয়েড পিতৃ-মাতৃ-ক্রোমোজোমগুলি পরস্পর মিলিত হইয়া ডিপ্লয়েড ক্রোমোজোমসম্পন্ন জাইগোট গঠন করে যাহা হইতে নূতন উদ্ভিদ জন্মলাভ করে। ইহার প্রতিটি দেহকোষে এই $2n$-সংখ্যক ক্রোমোজোম থাকে।

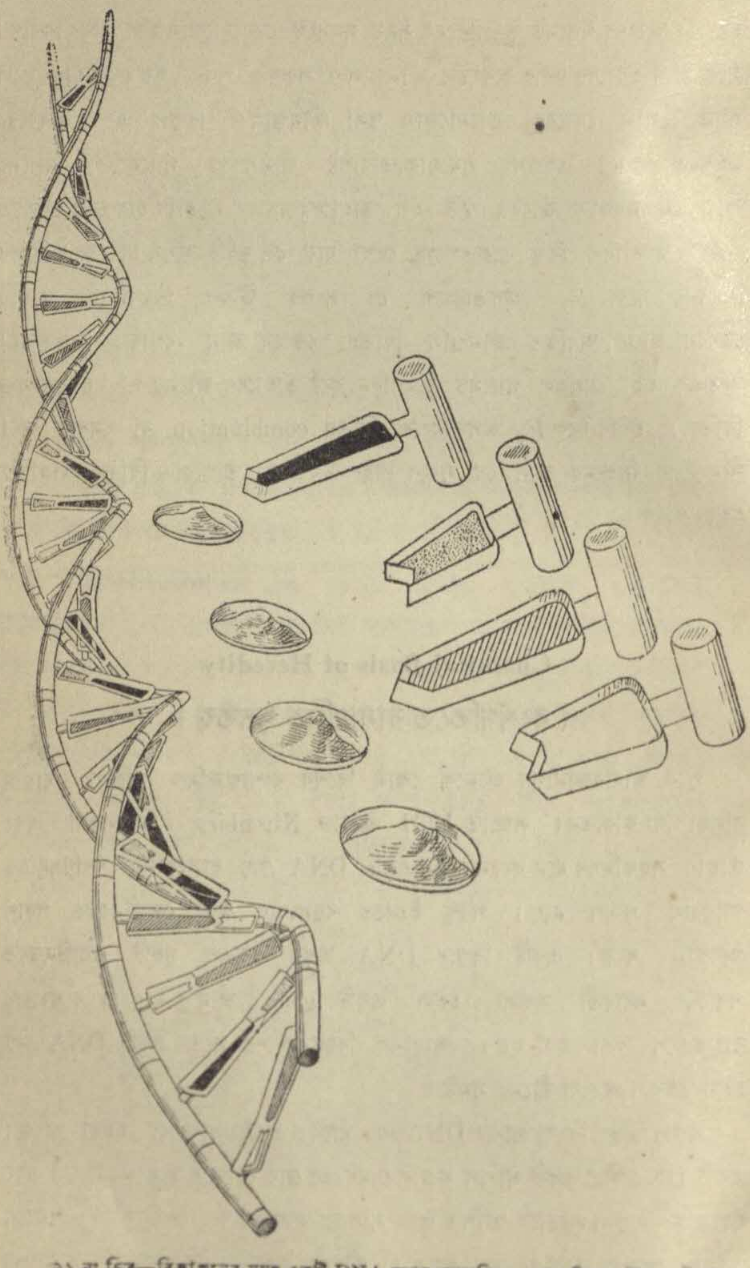
Recombination (পুনর্মিশ্রণ)—মেণ্ডেলের দীর্ঘাকার এবং খর্বাকার চরিত্রের মটরশুঁটি গাছের ন্যায় যে সকল উদ্ভিদ বা প্রাণী প্রকৃত বংশ বৃদ্ধি করিতে

সক্ষম তাহাদের সমসংস্থ যুগ্ম ক্রোমোজোমগুলি পরস্পর একই প্রকারের দেখিতে হয়। অতএব গ্যামেট উৎপাদনের সময় সমসংস্থ ক্রোমোজোমগুলি পৃথকীকরণের সঙ্গে সঙ্গে ইহাদের উপর অবস্থিত জীনগুলিও পরস্পর পৃথক হয়। ইহার ফলে প্রতি যৌন কোষের ক্রোমোজোম তথা জীনগুলিও পরস্পর একই প্রকারের দেখিতে হয়। এইরূপ সমআকৃতিবিশিষ্ট জীনসম্পন্ন গ্যামেটের মিলনের ফলে যে নবজাত জীবের সৃষ্টি হয় তাহাদের যথাযথ মাতাপিতার ন্যায় দেখিতে হওয়া স্বাভাবিক কিন্তু প্রকৃতপক্ষে দেখা যায় যে, দুইটি অসম চরিত্রের উদ্ভিদের মিলনের ফলে F_1 অপত্যবংশে যে সংকর উদ্ভিদ উৎপন্ন হয় তাহার ক্রোমোজোমে অবস্থিত জীনগুলি বিভিন্ন ক্রোমোজোম গোষ্ঠীর অন্তর্ভুক্ত। অতএব ইহা যেসকল গ্যামেট উৎপাদন করে তাহাদের জীনের গঠনের বিন্যাসও বিভিন্ন। ইহার ফলে F_2 অপত্যবংশে বিভিন্ন combination বা সমবায় দ্বারা জীনগুলির মিশ্রনের ফলে যে সকল উদ্ভিদ উৎপন্ন হয় তাহারাও বিভিন্ন আকৃতির হইয়া থাকে।

Chemical Basis of Heredity
(বংশগতিতে রাসায়নিক মূলতত্ত্ব)

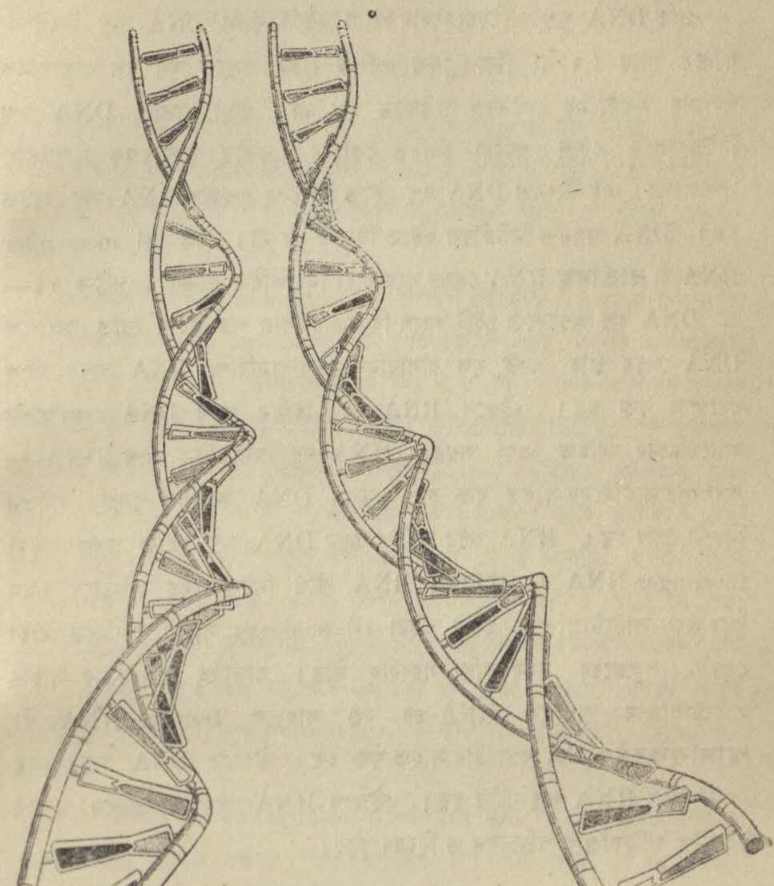
পূর্বে জীববিজ্ঞানীগণ জীনকে কোন বিশেষ বংশানুক্রমিক চরিত্রের বাহক বলিয়া গণ্য করিতেন। সম্প্রতি 1961 খ্রীষ্টাব্দে Nirenbirg (নিরেনবার্গ) এবং তাঁহার সহকর্মিগণ মনে করেন যে, একটি DNA অণু রাসায়নিক পদার্থসমূহের অবিরাম শৃঙ্খল নহে; পরন্তু ইহাতে বহুসংখ্যক ক্ষুদ্র প্রোটিনজাত পদার্থ অবস্থান করে। একটি বিস্তৃত DNA অণুর এইরূপ দুইটি প্রোটিনজাত পদার্থের মধ্যবর্তী অঞ্চলই হইল একটি gene (জীন) যাহাকে বংশধারার বাহকরূপে গণ্য করা হয়। আধুনিক বিজ্ঞানীগণের মতে একটি DNA অণু হইল এইরূপ অসংখ্য জীনের সমষ্টি।

সকল উদ্ভিদ কিংবা প্রাণীর DNA-এর আকৃতি একই প্রকারের হইয়া থাকে। একটি DNA অণু একটি সর্পিল কুণ্ডলিত মই-এর ন্যায় দেখিতে (২১নং চিত্র) এবং ইহার কুণ্ডলিগুলি দৃঢ়ভাবে স্থাপিত এবং সংখ্যায় অত্যধিক। একটি জীবিত কোষে এইরূপ অসংখ্য DNA অণু থাকে। জীবের জৈবনিক বিশেষত্বগুলি প্রকাশের জন্য প্রতিটি DNA অণু adenine (**অ্যাডেনিন**), thymine (**থাইমিন**),



২১ নং চিত্র—বিভাজনের সময় একটি DNA অণুর আকৃতি। ডান দিকের উপর হইতে নিম্ন পর্যন্ত চারিটি প্রতীক যথাক্রমে অ্যাডেনিন, থাইমিন, গুয়ানিন ও সাইটোসিন নির্দেশ করে

guanine (**গুয়ানিন**) এবং cytosine (**সাইটোসিন**) নামক চারিটি প্রধান রাসায়নিক পদার্থ বিভিন্ন অথচ নির্দিষ্ট মাত্রায় নিয়ন্ত্রণ করে। ইহাদের মধ্যে অ্যাডেনিন ও গুয়ানিন হইল দীর্ঘ অণু এবং থাইমিন ও সাইটোসিন হইল ক্ষুদ্র



২২নং চিত্র—একটি পূর্বতন DNA অণু হইতে দুইটি DNA অণুর উৎপাদন

অণু। একটি DNA অণুতে এই অণুগুলি সর্পিল কুণ্ডলিত মই-এর ন্যায় যুগ্মভাবে অবস্থান করে। আরও দেখা গিয়াছে যে, ইহাদের রাসায়নিক বন্ধনের বৈশিষ্ট্যের জন্য অ্যাডেনিন সর্বদাই থাইমিনের সহিত এবং গুয়ানিন সাইটোসিনের

সহিত জুড়িয়া থাকে। ইহারা সর্বদাই DNA অণুতে নির্দিষ্ট অনুক্রমে অবস্থান করে। এই অনুক্রমের কোনরূপ পরিবর্তন হইলে চারিত্রিক বিশেষত্বগুলিরও পরিবর্তন হয়।

প্রতি DNA অণু অণুদৈর্ঘ্য বিদীর্ণ হইয়া দুইটি নূতন DNA অণু উৎপাদন করিতে পারে (২২নং চিত্র। কিন্তু প্রতিটি নূতন অণুতে মূল যুগ্ম রাসায়নিক পদার্থের অবস্থানের কোনরূপ পরিবর্তন হয় না। ইহা ব্যতীত, DNA অণু নিউক্লীয়সকে কেন্দ্র করিয়া জীবিত কোষের যাবতীয় অত্যাবশ্যক ক্রিয়াগুলি সম্পন্ন করে। এই উদ্দেশ্যে DNA অণু হইতে ইহাদের অনুরূপে RNA অণু গঠিত হয়। DNA কখনও নিউক্লীয়স হইতে বিচ্যুত হয় না; পরন্তু ইহা messenger RNA বা **বার্তাবহ** RNA প্রেরণ করে যাহা নিম্নলিখিত প্রক্রিয়ায় গঠিত হয়—

DNA অণু অণুদৈর্ঘ্যে দুইটি অংশে বিভক্ত হইবার পর ইহার প্রতি অর্ধাংশে DNA অণুর ন্যায় একই মূল রাসায়নিক উপাদানবিশিষ্ট RNA অণুর অংশ যথাস্থানে যুক্ত হয়। এইরূপে RNA-এর থাইমিন অংশ DNA অর্ধাংশের অ্যাডেনিনের সহিত এবং অনুরূপে RNA-এর অ্যাডেনিন অংশ DNA-এর অর্ধাংশের থাইমিনের সহিত যুক্ত হয়। ক্রমে DNA অণুগুলি পুনরায় পূর্বতন নিদর্শন প্রাপ্ত হয়। RNA অণুর অর্ধাংশ এখন DNA অণু হইতে পৃথক হইয়া messenger RNA বা **বার্তাবহ** RNA রূপে নিউক্লীয়সের বহির্ভাগে গমন করে এবং সাইটোপ্লাজমে প্রবিষ্ট হইয়া ribosome-এর সহিত যুক্ত হয় যাহা প্রোটিন সংশ্লেষের সময় শক্তি সরবরাহ করে। বার্তাবহ RNA-এর সহিত সাইটোপ্লাজমে অবস্থিত RNA-এর খণ্ড যাহাকে transfer RNA বা **স্থানান্তকরণ** RNA বলে তার সহিত যুক্ত হয়। ইহাতে DNA অণুর ন্যায় একটি সম্পূর্ণ RNA অণু গঠিত হয়। এইরূপে RNA অণু বংশানুক্রমে জীবের জৈবনিক প্রক্রিয়াগুলি পরিচালন ও নিয়ন্ত্রণ করে।

তৃতীয় অধ্যায়

বংশগতি-সম্বন্ধীয় কয়েকটি তথ্য
(A Few Facts of Heredity)

উদ্যানপালক এবং পুষ্পোৎপাদকগণ কৃত্রিম প্রণালীতে সংকর উদ্ভিদ উৎপাদন-কালে কখনও কখনও কয়েকটি আশ্চর্যজনক ঘটনার সম্মুখীন হন। ইহাদের মধ্যে কতকগুলি মেণ্ডেলের বংশগতি সূত্রের বিরূপ সমালোচনা করে। এইরূপ কয়েকটি ঘটনা নিম্নে আলোচিত হইল ; যথা—

Incomplete dominance (অসম্পূর্ণ প্রাবল্য) (২৩নং চিত্র)

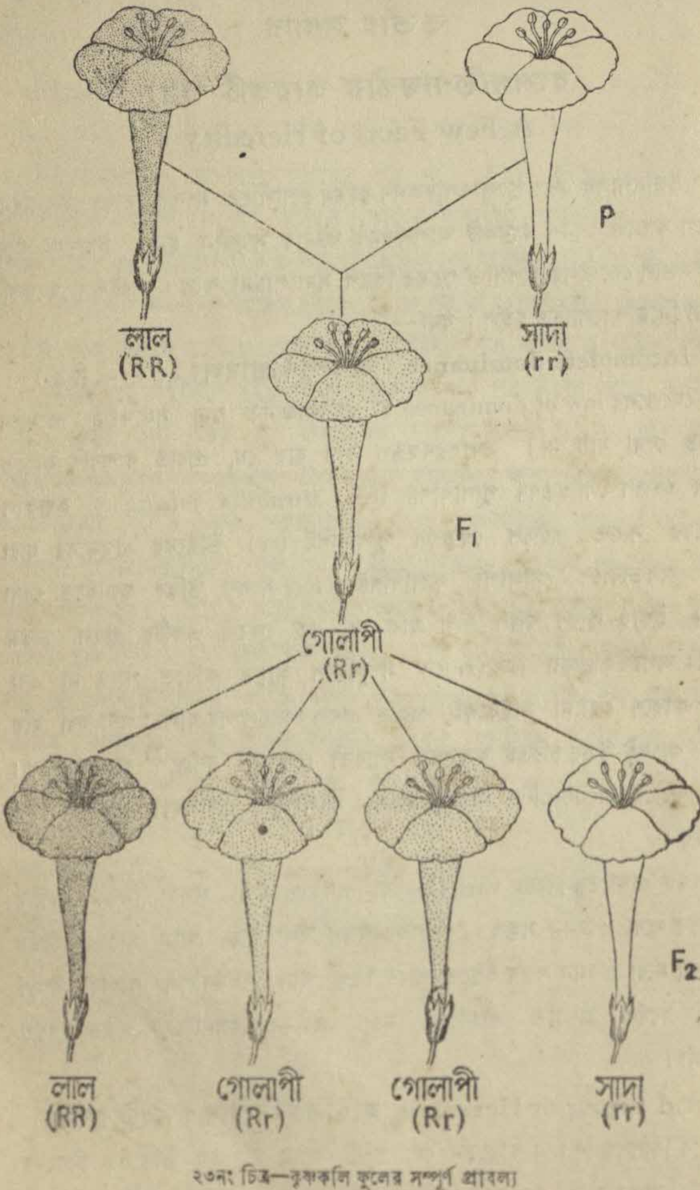
মেণ্ডেলের law of dominance বা প্রাবল্যজনিত সূত্র সর্বক্ষেত্রে প্রযোজ্য হইতে দেখা যায় না। উদাহরণস্বরূপ বলা যায় যে, প্রকৃত বংশবৃদ্ধি করিতে সক্ষম এইরূপ লোহিতবর্ণ পুষ্পবিশিষ্ট (*RR*) *Mirabilis jalapa* বা কৃষ্ণকলি উদ্ভিদের সহিত এইরূপ শ্বেতবর্ণ পুষ্পবিশিষ্ট (*rr*) উদ্ভিদের প্রজননের দ্বারা F_1 অপত্যবংশে গোলাপী পুষ্পবিশিষ্ট (*Rr*) সংকর উদ্ভিদ জন্মাইতে দেখা যায়। ইহার কারণ স্বরূপ বলা যায় যে, এই ক্ষেত্রে একটির প্রবল চরিত্র (*RR*) অপরটির প্রচ্ছন্ন চরিত্র (*rr*)কে সম্পূর্ণরূপে আবৃত করিতে পারে না এবং সেই কারণে কোনো উদ্ভিদকেই প্রকৃত প্রবল চরিত্রসম্পন্ন বলিয়া গণ্য করা যায় না। কাজেই উভয় চরিত্রই অবশেষে মধ্যবর্তী গোলাপী বর্ণরূপে প্রকাশ পায়। এই অবস্থাকে incomplete dominance (**অসম্পূর্ণ প্রাবল্য**) বলিয়া গণ্য করা হয়।

একই প্রজাতির বিভিন্ন varieties বা প্রকারের মধ্যে অথবা নিকট সম্বন্ধীয় প্রজাতির মধ্যে প্রজনন সম্ভব। উদাহরণস্বরূপ বলা যায়, আম গাছের বিভিন্ন প্রকারের মধ্যে প্রজনন সম্ভব হইতে পারে কিন্তু আম ও কাঁঠাল যাহারা সম্পূর্ণ বিভিন্ন বর্গের অন্তর্গত তাহাদের মধ্যে প্রজনন কখনই সংঘটিত হইতে পারে না।

Hybrid Vigour or Heterosis (হাইব্রিড ভিগার বা হেটরোসিস)

পূর্বে বিশেষজ্ঞগণ মনে করিতেন যে, দুইটি অসম চরিত্রের উদ্ভিদের মিলনের ফলে F_1 অপত্যবংশে যে সংকর উদ্ভিদ উৎপন্ন হয় তাহা পূর্বতন উদ্ভিদগুলি অপেক্ষা অধিকতর সবল ও সক্রিয়। এই ঘটনাকে hybrid vigour বলে।

আরও দেখা গিয়াছে যে, ইহাদের মধ্যে স্বনিষেকের ফলে ভবিষ্যৎ বংশোদ্ভূত উদ্ভিদগুলির সক্রিয় শক্তি ক্রমশ হ্রাস পাইতে থাকে। প্রাচীনকাল হইতেই



২৩নং চিত্র—কৃষ্ণকলি ফুলের সম্পূর্ণ প্রাবল্য

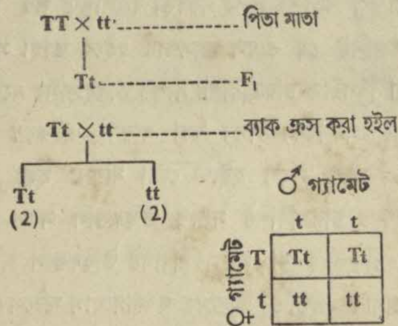
জীববিজ্ঞানী ও উদ্যানপালকগণের এই বিষয়ে দৃষ্টি নিবদ্ধ ছিল এবং কৃষককগণের

নিকট অধিক পরিমাণে সতেজ ফসল পাইবার জন্য ইহা একটি মূল্যবান তথ্যরূপে গণ্য হইত। Shull (শূল) নামক জীববিজ্ঞানী 1914 খ্রীষ্টাব্দে এই ঘটনাকে হাইব্রিড ভিগরের পরিবর্তে হেটারোসিস নাম প্রস্তাব করেন। উদ্ভিদের উচ্চতা, আকার, উৎপাদন-ক্ষমতা, সজীবতা প্রভৃতি বিভিন্ন চরিত্রে হেটারোসিস প্রকাশ পায়। 1917 খ্রীষ্টাব্দে Jones (জোন্স) নামক বিজ্ঞানী ইহার কারণস্বরূপ বলেন যে, F_1 অপত্যবংশে প্রবল চরিত্রসম্পন্ন জীনগুলির সর্বাধিক সংখ্যায় সমাবেশ হয় যাহা প্রচ্ছন্ন চরিত্রসম্পন্ন জীনগুলি কর্তৃক সৃষ্ট কুফল প্রতিরোধ করিতে সক্ষম। 1936 খ্রীষ্টাব্দে East (ইস্ট) নামক বিজ্ঞানী মন্তব্য করেন যে, জীনগুলির লিঙ্কেজ সংঘটিত হয় বলিয়া F_1 অপত্যবংশের পরবর্তী বংশোদ্ভূত শুদ্ধ চরিত্রবিশিষ্ট উদ্ভিদ-গুলির মধ্যে সকলগুলিই যে প্রবল গুণসম্পন্ন হইবে তাহা সম্ভবপর নহে ; পরন্তু heterozygous বা বিপরীত চরিত্রবিশিষ্ট সংকর উদ্ভিদগুলির মধ্যেই প্রবল গুণসম্পন্ন উদ্ভিদের সমাবেশের সর্বাধিক্য লক্ষ্য করা যায়। এইরূপে F_1 অপত্যবংশের ধানগাছগুলি সতেজ এবং সবল হইতে দেখা যায়। ইহা হইতে প্রতীয়মান হয় যে, যদি বিপরীত চরিত্রবিশিষ্ট সংকর উদ্ভিদগুলি সবল সতেজ হইয়া থাকে তাহা হইলে homozygous বা সমচরিত্রবিশিষ্ট উদ্ভিদগুলি অবশ্যই দুর্বল হইবে। কিন্তু ধান, গম, তামাক প্রভৃতি উদ্ভিদের স্বপরাগযোগ ঘটিলেও উহাদের নবগঠিত উদ্ভিদগুলি আশানুরূপ দুর্বল হয় না। অধিকন্তু ভুট্টার ক্ষেত্রে স্বপ্রজনন প্রক্রিয়ায় উৎপন্ন উদ্ভিদগুলি অধিকতর দুর্বল হইয়া থাকে। ইহার কারণস্বরূপ বলা যায় যে, এই ক্ষেত্রে এক প্রকার মারাত্মক এবং ক্ষতিকর জীনের উদ্ভব হয় যাহা স্বপ্রজনন দ্বারা উদ্ভূত সমচরিত্রবিশিষ্ট উদ্ভিদগুলির মধ্যে প্রকাশ পায় এবং ক্রমে প্রাকৃতিক নির্বাচনে ইহা লোপ পায়। কিন্তু সাধারণ উদ্ভিদের বিপরীত মিলন ঘটিলে, এই সকল ক্ষতিকর জীন প্রচ্ছন্ন অবস্থায় বিপরীত চরিত্রবিশিষ্ট সংকর উদ্ভিদ বিরাজ করে এবং উহাদের পরিহার করা সম্ভবপর নহে। কাজেই সংকর উদ্ভিদগুলি দুর্বল হইয়া পড়ে।

Back Cross
(ব্যাক ক্রস)

সাধারণ ক্ষেত্রে F_1 অপত্যবংশের সংকর উদ্ভিদগুলির মধ্যে স্বনিষেকের ফলে যে বীজ উৎপন্ন হয় তাহা অঙ্কুরিত হইলে F_2 অপত্যবংশের উদ্ভিদ জন্মলাভ করে। কিন্তু প্রাণীর ক্ষেত্রে এই উদ্দেশ্যে একই F_1 বংশজাত দুইটি প্রাণীর

সাহচর্য প্রয়োজন হয়। এখন এই F_1 সংকর উদ্ভিদটি যদি পূর্বতন বংশের যে-কোনো একটির সহিত নিষিক্ত হয় তখন এই ঘটনাকে Back crossing (**ব্যাক ক্রসিং**) বা Test crossing (**পরীক্ষামূলক ক্রসিং**) বলে। যদি F_1 অপত্যবংশের সংকর উদ্ভিদগুলি বিগত বংশের প্রবল চরিত্রবিশিষ্ট উদ্ভিদের সহিত মিলিত হয় তাহা হইলে F_2 অপত্যবংশের প্রতিটি উদ্ভিদই প্রবল চরিত্রবিশিষ্ট হইতে দেখা যায়। পরন্তু ইহাদের পূর্ব বংশের প্রচ্ছন্ন চরিত্রবিশিষ্ট উদ্ভিদের সহিত মিলনের ফলে F_2 অপত্যবংশে প্রবল ও প্রচ্ছন্ন চরিত্রসম্পন্ন উদ্ভিদগুলি 1 : 1 এই অনুপাতে অবস্থান করে। উদাহরণস্বরূপ বলা যায় যে, মেণ্ডেলের দীর্ঘ এবং খর্বাকার মটর



২৩নং চিত্র—প্রথম অপত্যবংশের একটি সংকর উদ্ভিদের সহিত একটি শুদ্ধ প্রচ্ছন্ন চরিত্রের উদ্ভিদের ব্যাক ক্রসিং-এর ফলে উদ্ভূত উদ্ভিদগুলি

গাছের পরীক্ষায় F_1 অপত্যবংশে উৎপন্ন দীর্ঘ সংকর উদ্ভিদের সহিত পূর্ব বংশের বিশুদ্ধ প্রচ্ছন্ন চরিত্রবিশিষ্ট মটর গাছের জননে উৎপন্ন দীর্ঘ এবং খর্বাকার চরিত্রবিশিষ্ট উদ্ভিদগুলি 1 : 1 এই অনুপাতে দেখা যাইবে। অধিকন্তু ইহাও দেখা যাইবে যে, দীর্ঘ চরিত্রবিশিষ্ট উদ্ভিদগুলির মধ্যে কোনোটিই বিশুদ্ধ দীর্ঘ চরিত্রের নহে। ইহা ২৩নং চিত্রে বুঝান হইয়াছে।

চতুর্থ অধ্যায়

লিঙ্কেজ এবং ক্রসিং ওভার

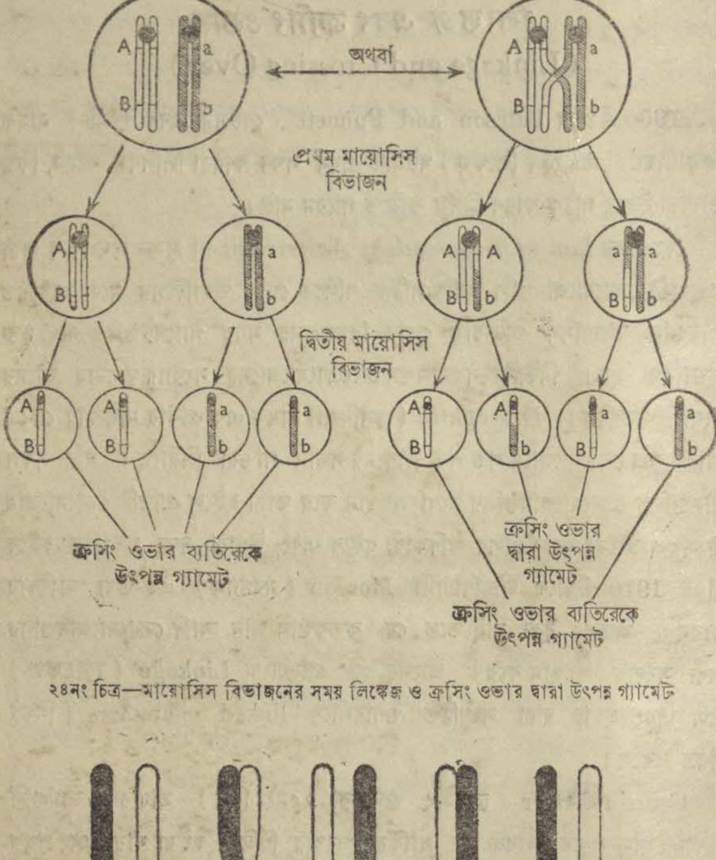
(Linkage and Crossing Over)

1906 খ্রীষ্টাব্দে Bateson and Punnett (বেটসন এবং পুনেট) নামক বিজ্ঞানীদ্বয় linkage (লিঙ্কেজ) ঘটনাটি প্রথম লক্ষ্য করিয়া লিপিবদ্ধ করেন, কিন্তু তাহারা ইহার সঠিক কারণ নির্ণয় করিতে পারেন নাই।

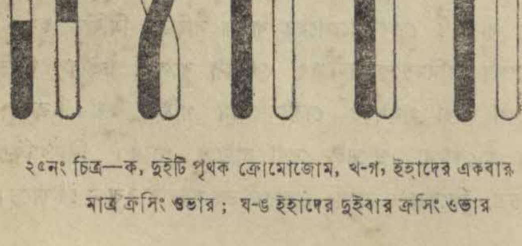
মেণ্ডেলের *Law of Independent Assortment* বা **মুক্ত সঞ্চারণ সূত্র** অনুযায়ী ক্রোমোজোমগুলি অর্থাৎ সঠিক বলিতে গেলে উহাদিগের মধ্যে আবস্থিত জীনগুলি মায়োসিস প্রক্রিয়ায় কোষ বিভাজনের সময় গ্যামেটগুলির মধ্যে মুক্ত বিন্যাসিত হয়। নিউক্লীয়সের অন্তর্গত ক্রোমোজোমের সংখ্যার তুলনায় জীনের সংখ্যা অত্যধিক। *Drosophila* (ড্রসফিলা) নামক এক প্রকার মক্ষিকার ক্ষেত্রে চারিটি যুগ্ম ক্রোমোজোমে শত শত জীবনের সন্ধান পাওয়া গিয়াছে। যদি সকল জীনগুলিই ক্রোমোজোমগুলির মধ্যে অবস্থান করে তাহা হইলে প্রতিটি ক্রোমোজোম ঐ সকল জীনের কতকগুলির অধিকারী হইবে এবং উহারা মুক্ত সঞ্চারিত হইবে না। 1910 খ্রীষ্টাব্দে জীববিজ্ঞানী Morgan (মরগ্যান) এই তথ্য আবিষ্কার করেন। অতএব বুঝা যাইতেছে যে, কতকগুলি জীন আদি ক্রোমোজোমগুলির মধ্যে সর্বদাই অবস্থান করে। জীনের এই প্রচেষ্টাকে Linkage (**লিঙ্কেজ**) বলে এবং ইহার দ্বারা সংগঠিত গুণাবলীকে linked characters (লিঙ্কট্ চরিত্র) বলে।

Crossing Over (**ক্রসিং ওভার**, ২৫নং চিত্র)—সাধারণত জীনগুলি ক্রোমোজোম গাত্রে আবদ্ধ না থাকিয়া পরস্পর বিচ্ছিন্ন হইয়া যায় এবং পৃথক বংশানুসরণ করে। মায়োসিস প্রক্রিয়ায় সমসংস্থ ক্রোমোজোমগুলির মধ্যে জীনদলের পরস্পর বিনিময় ঘটে, যেহেতু ক্রোমোজোমের একটি খণ্ড বিচ্ছিন্ন হইয়া অনুরূপ সমসংস্থ ক্রোমোজোমের খণ্ডের সহিত মিলিত হয়। এইরূপ জীনদলের পরস্পর বিনিময়কে **ক্রসিং ওভার** বলে। এইরূপ বিভিন্ন নূতন জীনের সমাবেশ দ্বারা সমসংস্থ ক্রোমোজোম গঠিত হয়। ক্রসিং ওভার ক্রোমোজোমের যে-কোনো স্থানেই দেখা যাইতে পারে। নিম্নলিখিত তথ্যের দ্বারা (২৪নং চিত্র) লিঙ্কেজ ও ক্রসিং ওভার উভয় ঘটনাই বুঝান হইয়াছে।

মনে কর F_1 অপত্যবংশের সংকর উদ্ভিদে পিতৃ এবং মাতৃ কোনো যুগ্ম homologus বা সমসংস্থ ক্রোমোজোমের একটিতে A এবং B জীনের

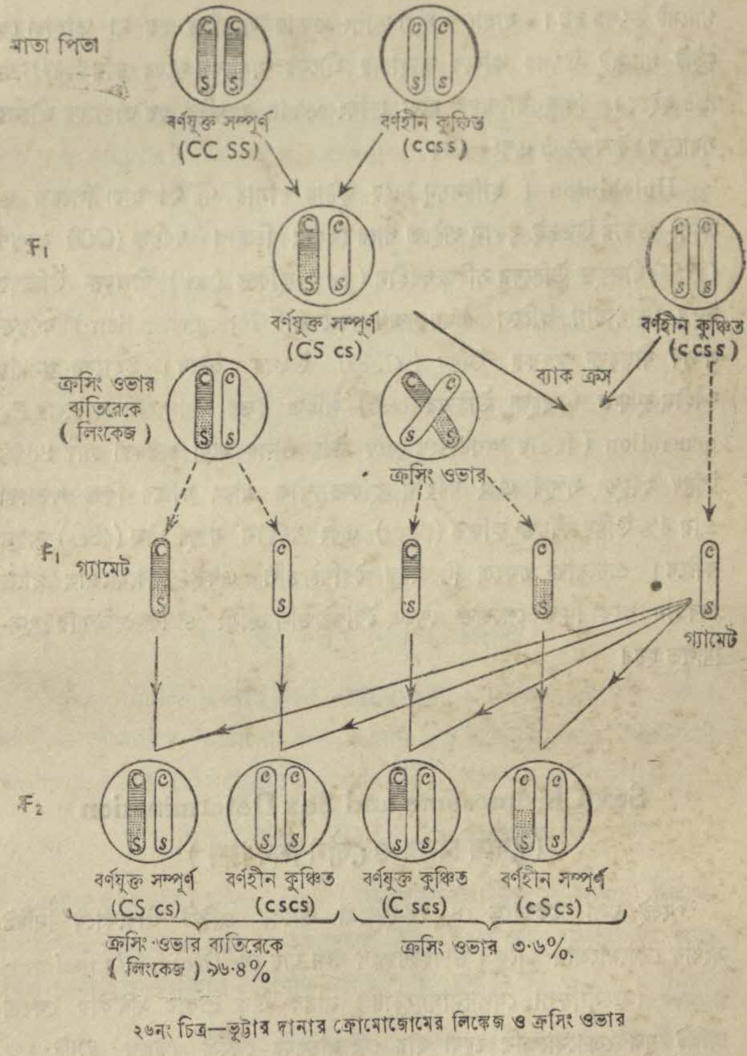


২৪নং চিত্র—মায়োসিস বিভাজনের সময় লিঙ্কেজ ও ক্রসিং ওভার দ্বারা উৎপন্ন গ্যামেট



২৫নং চিত্র—ক, দুইটি পৃথক ক্রোমোজোম, খ-গ, ইহাদের একবার মাত্র ক্রসিং ওভার; ঘ-ঙ ইহাদের দুইবার ক্রসিং ওভার

এবং অপরটিতে a এবং b জীনের সমাবেশ দেখা যায়। মায়োসিস প্রক্রিয়ার গ্যামেট উৎপাদনের সময় যদি সমসংস্থ ক্রোমোজোমের ক্রোমাটিডদ্বয়ের মধ্যে crossing over (**ক্রসিং ওভার**) সংঘটিত না হইত অর্থাৎ জীনগুলি যথাযথ



২৬নং চিত্র—ভুট্টার দানার ক্রোমোজোমের লিঙ্কেজ ও ক্রসিং ওভার

ক্রোমোজোম গাত্রে linked বা আবদ্ধ থাকিত তাহা হইলে দুই প্রকার গ্যামেট উৎপন্ন হইত এবং প্রতি গ্যামেটে জীবনের সমাবেশ বিঘ্নিত হইত না অর্থাৎ

এক প্রকার গ্যামেটের ক্রোমোজোমে জীনের সমাবেশ A/B এবং অপরটির a/b দেখা যাইত। কিন্তু প্রকৃতপক্ষে দেখা যায় যে, গ্যামেট উৎপাদনের সময় প্রথম মায়োসিস বিভাজনে সমসংস্থ ক্রোমোজোমের ক্রোমাটিডদ্বয়ের অংশগুলির মধ্যে পরস্পর বিনিময় ঘটে অর্থাৎ ক্রসিং ওভার সংঘটিত হয়। ইহার ফলে চারি প্রকার গ্যামেট উৎপন্ন হয়। যাহাদের মধ্যে ক্রসিং ওভার সংগঠিত হয় না তাহারা যে দুইটি গ্যামেট উৎপন্ন কবিবে তাহাদের জীনের সমাবেশ পূর্বের ন্যায় A/B ও a/b হইবে। কিন্তু যাহাদের মধ্যে ক্রসিং ওভার সংঘটিত হয় তাহাদের জীনের সমাবেশ হইবে A/b এবং a/B।

Hutchinson (হাচিনসন্)-এর ভুট্টার দানার পরীক্ষা দ্বারা লিঙ্কেজ ও ক্রসিং ওভার উভয়ই বুঝান যাইতে পারে (২৬নং চিত্র)। বর্ণযুক্ত (CC) সম্পূর্ণ (SS) বীজযুক্ত উদ্ভিদের সহিত বর্ণহীন (cc) কুঞ্চিত (ss) বীজযুক্ত উদ্ভিদের ইতর পরাগযোগ করিলে প্রথম অপত্যবংশের (F_1 generation) বর্ণযুক্ত সম্পূর্ণ বীজযুক্ত সংকর উদ্ভিদ ($CScs$) উৎপন্ন হইবে। ইহাদের পুনরায় বর্ণহীন কুঞ্চিত বীজযুক্ত উদ্ভিদের ($ccss$) সহিত ইতর পরাগযোগ করিলে F_2 generation (দ্বিতীয় অপত্যবংশ)-এর উদ্ভিদগুলির মধ্যে শতকরা প্রায় 96% উদ্ভিদ বর্ণযুক্ত সম্পূর্ণ এবং বর্ণহীন কুঞ্চিত বীজ ধারণ করিবে কিন্তু শতকরা প্রায় 4% উদ্ভিদ বর্ণযুক্ত কুঞ্চিত ($Cscs$) এবং বর্ণহীন সম্পূর্ণ বীজ ($cScs$) বহন করিবে। প্রথমোক্ত ক্ষেত্রে লিঙ্কেজের বৈশিষ্ট্যগুলি একই ক্রোমোজোম গাত্রে অবস্থান করে কিন্তু শেষোক্ত ক্ষেত্রে বৈশিষ্ট্যগুলি ক্রসিং ওভার প্রক্রিয়ার পুনর্মিলিত হয়।

Sex Chromosome and Sex Determination
(যৌন চরিত্র ও যৌন নির্ধারণ)

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, যে-কোনো জীবের প্রতিটি জীবকোষে নির্দিষ্ট সংখ্যক ক্রোমোজোম আছে। উদাহরণস্বরূপ বলা যায় যে, *Drosophila melanogaster* (ড্রসোফিলা মেলানোগ্যাস্টার) নামক এক প্রকার মক্ষিকার ক্ষেত্রে চারিটি যুগ্ম ক্রোমোজোম দেখা যায় এবং মানুষের ক্ষেত্রে এইরূপ 23টি যুগ্ম ক্রোমোজোম আছে। ইহাদের বিশদভাবে পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে, পুরুষ-প্রাণী বা উদ্ভিদের ক্ষেত্রে একটি নির্দিষ্ট যুগ্ম ক্রোমোজোমের মধ্যে একটি

অপরটি অপেক্ষা কিছু পৃথক ; কিন্তু স্ত্রী-প্রাণী বা উদ্ভিদের ক্ষেত্রে ইহারা পরস্পর অভিন্ন। এই প্রকার যুগ্ম ক্রোমোজোমকে sex chromosomes বা **যৌন ক্রোমোজোম** বলে। আরও দেখা গিয়াছে যে, পুরুষের এই ভিন্ন আকৃতির ক্রোমোজোমযুগলের মধ্যে একটি ক্রোমোজোম উহার স্ত্রীর ক্রোমোজোমযুগলের অনুরূপ। পুরুষের এই নির্দিষ্ট ক্রোমোজোমটিকে X-যৌন ক্রোমোজোম বলে এবং ইহার যুগ্মের অপরটিকে Y-যৌন ক্রোমোজোম বলে। যৌন ক্রোমোজোম ব্যতীত কোষের অপর ক্রোমোজোমগুলিকে autosomes (**অটোসোম**) বলে। ইহাকে ইংরাজির 'A' বর্ণের দ্বারা সূচিত করা হয়। এইরূপে পুরুষ ড্রসোফিলার ক্ষেত্রে তিনটি যুগ্ম অটোসোম $+XY$-যৌন ক্রোমোজোম এবং স্ত্রী ড্রসোফিলার ক্ষেত্রে তিনটি যুগ্ম অটোসোম $+XX$-যৌন ক্রোমোজোম দেখা যায়। অনুরূপে মানুষের মধ্যে পুরুষের ক্ষেত্রে 22টি যুগ্ম অটোসোম $+XY$-যৌন ক্রোমোজোম এবং স্ত্রীলোকের ক্ষেত্রে 22টি যুগ্ম অটোসোম $+XX$-যৌন ক্রোমোজোম দেখা যায়।

উদ্ভিদ একলিঙ্গ বা উভলিঙ্গ হয় বলিয়া উহাদের যৌন নির্ধারণ-প্রক্রিয়া কিছু জটিল। অধিকন্তু কোনো কোনো উদ্ভিদের যৌন নির্ধারণ পরিবেশ কর্তৃক প্রভাবিত হয়। কিন্তু অধিকাংশ dioecious বা ভিন্নবাসী উদ্ভিদের ক্ষেত্রে এই প্রক্রিয়া প্রাণীর ন্যায় উপরে বর্ণিত হইয়াছে।

নিম্নে কয়েকটি উদ্ভিদের যৌন প্রকৃতির বিবরণ দেওয়া হইল ; যথা—

1. XX (স্ত্রী)—XY (পুং) প্রকৃতিবিশিষ্ট

Silen dioica (**সাইলিন ডায়োইকা**) নামক উদ্ভিদের ক্ষেত্রে যথারীতি স্ত্রী-উদ্ভিদে অটোসোম$+XX$-যৌন ক্রোমোজোম এবং পুং-উদ্ভিদে অটোসোম$+XY$-যৌন ক্রোমোজোম দেখা যায়।

2. XX (স্ত্রী)—XO (পুং) প্রকৃতিবিশিষ্ট

এইরূপে প্রকৃতি *Dioscoria* (**ডায়োসকোরিয়া**) নামক উদ্ভিদের কয়েকটি ক্ষেত্রে দেখা যায়। ইহাদের স্ত্রী-উদ্ভিদে দুইটি যৌন ক্রোমোজোম আছে কিন্তু পুং-উদ্ভিদে একটিমাত্র X-যৌন ক্রোমোজোম থাকে।

কোনো কোনো উদ্ভিদে X- কিংবা Y-যৌন ক্রোমোজোমের বা উভয়ের সংখ্যা এবং বিভিন্ন সংখ্যার মধ্যে আকৃতিগত পরিবর্তন ঘটে। উদাহরণস্বরূপ বলা যায় যে, *Rumex* (**রুমেক্স**) নামক উদ্ভিদের কয়েকটি প্রজাতির পুরুষের

ক্ষেত্রে অটোসোম $+X+Y_1+Y_2$ দেখা যায় কিন্তু স্ত্রী-উদ্ভিদের ক্ষেত্রে অটোসোম $+XX$ থাকে।

মায়োসিস প্রক্রিয়ায় কোষ বিভাজনের সময় X- এবং Y-যৌন ক্রোমোজোমগুলির আকৃতিগত তারতম্য থাকিলেও ইহারা homologous বা সমসংস্থ ক্রোমোজোমরূপে আচরণ করে। এইরূপে ইহাদের আদর্শ সমসংস্থ ক্রোমোজোমের ন্যায় segregation বা পৃথকীকরণ হয়। অতএব পুরুষের ক্ষেত্রে দুই প্রকার সমসংখ্যক gametes বা যৌন কোষ উৎপন্ন হয়। ইহাদের মধ্যে কতকগুলিতে অটোসোম + একটি X-যৌন ক্রোমোজোম থাকে এবং অবশিষ্টগুলিতে অটোসোম + একটি Y-যৌন ক্রোমোজোম থাকে। কিন্তু স্ত্রীলোকের ক্ষেত্রে সর্বদাই অটোসোম + একটি X-ক্রোমোজোম দেখা যায়। এখন নিষেকের সময় যৌন কোষের গঠনের উপর যৌন নির্ধারণ নির্ভর করে। পুং-জনন কোষে Y-যৌন ক্রোমোজোম থাকিলে, জাইগোট তথা জীব XY ক্রোমোজোমসম্পন্ন হইবে অর্থাৎ ইহা পুরুষ হইবে কিন্তু পুং-জননকোষে X-যৌন ক্রোমোজোম থাকিলে, জাইগোট তথা জীব XX ক্রোমোজোমসম্পন্ন হইবে অর্থাৎ ইহা স্ত্রী জীবে পরিণত হইবে। অতএব দেখা যায় যে, Y ক্রোমোজোমের উপস্থিতি বা অনুপস্থিতিই যৌন নির্ধারণের প্রকৃত কারণ।

Sex linkage (**যৌন লিঙ্কেজ**)—যৌন ক্রোমোজোম অন্যান্য ক্রোমোজোমের ন্যায় genes (**জীন**) দ্বারা সজ্জিত থাকে। ইহাদের মধ্যে কয়েকটি জীনই প্রকৃত যৌন নির্ধারণে অংশ গ্রহণ করে। ইহাদের sex genes বা **যৌন জীন** বলে। ইহারা অন্যান্য জীনের সহিত inheritance বা **বংশগতিতে** অংশ গ্রহণ করে। ড্রসোফিলা নামক মক্ষিকার ক্ষেত্রে X-যৌন ক্রোমোজোমে স্ত্রী-জীন থাকে কিন্তু অটোসোম কর্তৃক ইহাদের পুরুষ চরিত্রটি নিরূপিত হয়, কারণ ইহার Y-যৌন ক্রোমোজোমটি নিষ্ক্রিয়। অটোসোম এবং X-যৌন ক্রোমোজোমের যথাযথ অনুপাতের উপরই ড্রসোফিলার যৌন চরিত্র নির্ধারিত হয়। এককথায় বলিতে গেলে নির্দিষ্ট সংখ্যক অটোসোমে X-যৌন ক্রোমোজোমের dose বা মাত্রাই হইল যৌন নির্ধারণের উপায়। যদি একক মাত্রায় X-যৌন ক্রোমোজোম থাকে, তবে ইহা পুরুষ হইবে কিন্তু যদি $2X$ বা দ্বিমাত্রায় থাকে, তবে ইহা স্ত্রী হইবে। অতএব দেখা যাইতেছে যে, X-যৌন ক্রোমোজোমে যে জীন থাকে তাহা বংশগতিতে একটি নির্দিষ্ট যৌন পথ অনুসরণ করে। যৌন ক্রোমোজোমে যৌন জীন ব্যতীত অন্যান্য জীনও থাকে যাহারা যৌন

জীনের সাথে বংশগতিতে অংশ গ্রহণ করে। ঐ সকল জীন যে সকল চরিত্রের অধিকারী তাহাদের sex-linked বা **যৌন লিঙ্কেজঘটিত চরিত্র** বলে অর্থাৎ উহারা যৌন জীনের সাথে পুরুষ কিংবা স্ত্রী সন্তান-সন্ততির মধ্যে প্রকাশিত হয়। যে প্রক্রিয়ায় এই সকল লিঙ্কেজঘটিত চরিত্র সন্তান-সন্ততিতে প্রবাহিত হয় তাহাকে sex-linked inheritance বা **যৌন লিঙ্কেজঘটিত বংশগতি** বলে। যৌন লিঙ্কেজ চরিত্রটি যদি dominant বা **প্রবল গুণসম্পন্ন** হয় তাহা হইলে পুরুষ এবং স্ত্রী প্রত্যেকের মধ্যেই চরিত্রটি প্রকাশ পাইবে। অর্থাৎ এই ক্ষেত্রে চরিত্রটির লিঙ্কেজ প্রকৃতি অর্থাৎ পিতা অথবা মাতা কাহার নিকট হইতে এই চরিত্র সন্তান-সন্ততিতে বর্তাইয়াছে, তাহা বোঝা যায় না। পরন্ত যৌন লিঙ্কেজ চরিত্রটি যদি recessive বা **প্রচ্ছন্ন গুণসম্পন্ন** হয় এবং X-যৌন ক্রোমোজোমে অবস্থান করে তাহা হইলে ইহা Y-যৌন ক্রোমোজোমের সংস্পর্শে আসিলে XY ক্রোমোজোমবিশিষ্ট যে সকল পুরুষ সন্তান উৎপাদন করিবে তাহাদের মধ্যেই প্রধানত যৌন লিঙ্কেজটিতে চরিত্রটির প্রকাশ পাইবে। অতএব দেখা যাইতেছে যে, পুরুষ সন্তান-সন্ততির মধ্যেই প্রধানত যৌন লিঙ্কেজঘটিত চরিত্র দেখিতে পাওয়া যায়। পরীক্ষার দ্বারা দেখা গিয়াছে যে একটি লাল চক্ষু-বিশিষ্ট স্ত্রী ড্রসোফিলা মক্ষিকার সহিত একটি সাদা চক্ষুবিশিষ্ট পুং-মক্ষিকার যৌন মিলনের ফলে যে চারি প্রকার সন্তান-সন্ততি জন্মলাভ করে তাহাদের মধ্যে F_2 অপত্যবংশের সন্তান-সন্ততিগুলি এইরূপ ; যথা, একটি pure বা অবিমিশ্র লাল চক্ষুবিশিষ্ট স্ত্রী-মক্ষিকা, একটি লাল চক্ষুবিশিষ্ট hybrid বা সংকর স্ত্রী-মক্ষিকা, একটি লাল চক্ষুবিশিষ্ট পুরুষমক্ষিকা এবং একটি সাদা চক্ষুবিশিষ্ট পুরুষ-মক্ষিকা।

পঞ্চম অধ্যায়

প্রকরণ

(Variation)

জীবের প্রকৃত গঠন দুইটি কারণের দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয় ; যথা, heredity বা বংশগতি এবং environment বা পরিবেশ। Lamark (ল্যামার্ক) নামক বিজ্ঞানী বিশ্বাস করিতেন যে, পরিবেশের পরিবর্তনের সাথে জীবের গঠনেরও পরিবর্তন হয়, কিন্তু Weismann (ওয়াইম্যান) নামক বিজ্ঞানী সম্পূর্ণ বিপরীত ধারণা পোষণ করিতেন। তাঁহার মতে জীবদেহের গঠন কখনই পরিবেশীয় পরিবর্তনের দ্বারা নিয়ন্ত্রিত নহে। কিন্তু ইহা সুস্পষ্ট যে বংশগতি অপরিবর্তনীয় হইলে নূতন প্রজাতির উদ্ভব হইত না অর্থাৎ কোনো রূপ evolution বা **অভিব্যক্তির** প্রকাশ পাইত না। অতএব অভিব্যক্তি বলিতে variation বা **প্রকরণ** বুঝায়। জীবের যে সকল বংশগত প্রকরণ পরিবেশে উপযুক্ততা প্রমাণ করে, প্রকৃতি তাহাদেরই নির্বাচন করে। এই সকল উপযুক্ত জীব পরিবেশের সহিত সুষ্ঠুভাবে সামঞ্জস্য বজায় রাখিয়া চলে এবং এইরূপে ক্রম নির্বাচনের দ্বারা নূতন প্রজাতি জন্মলাভ করে। অতএব অভিব্যক্তিতে প্রকরণ, নির্বাচন এবং সামঞ্জস্য বজায় থাকা বিশেষ প্রয়োজন। জীবের কোনো নির্দিষ্ট পরিবেশের, সহিত সামঞ্জস্য বজায় রাখিয়া চলাকে adaptation বা **অভিযোজন** বলে।

একই বংশগত জীবের নিম্নলিখিত প্রণালীতে প্রকরণ ঘটিয়া থাকে, যথা—

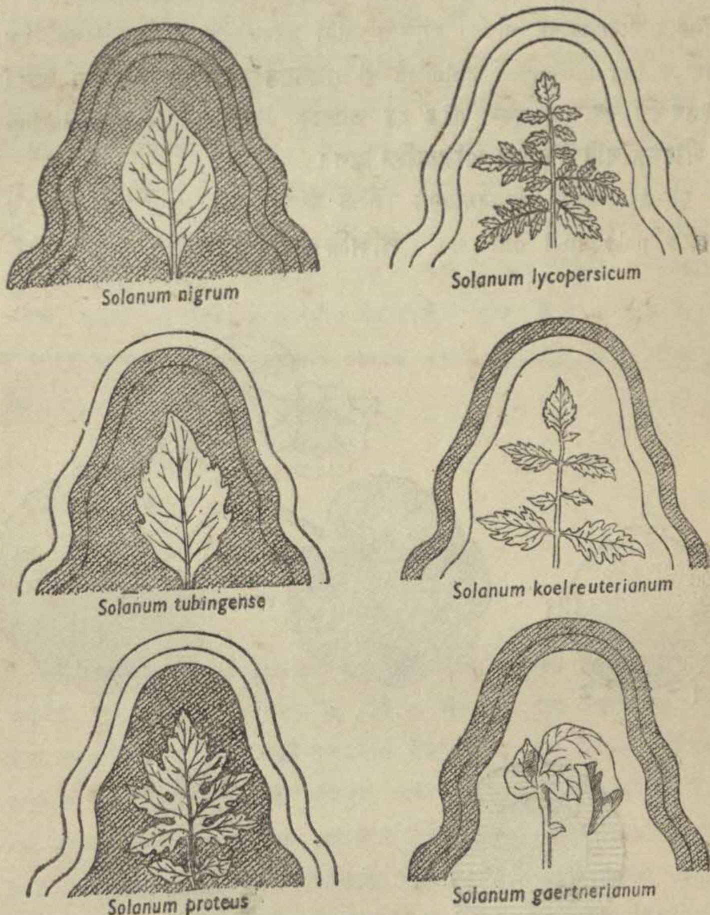
1. The continuous or fluctuating variation (**নিরন্তর** অথবা **অস্থির প্রকরণ**)—এই প্রকার প্রকরণ সাধারণত দেখিতে পাওয়া যায়। একই উদ্ভিদের দুইটি একই আকৃতির পাতা সচরাচর দৃষ্টিগোচর হয় না। এইরূপ প্রকরণের জন্য পরিবেশই দায়ী। অন্তস্থ অথবা বহিস্থ পরিবেশের পরিবর্তনের ফলেই এইরূপ প্রকরণ সম্ভবপর, কিন্তু ইহা বংশগতিতে অংশ গ্রহণ করে না।

2. Discontinuous variation or Mutation (**বিচ্ছিন্ন প্রকরণ** বা **পরিব্যক্তি**) - ইহারা দৈবাৎ অথবা পরিবেশের পরিবর্তনের ফলে সংঘটিত হয়। বংশগত গঠনপ্রণালীর দৈবাৎ পরিবর্তনকে mutation বা **পরিব্যক্তি** বলে। পরিব্যক্তি উদ্ভিদ বংশগতিতে অংশ গ্রহণ করে।

3. Variation due to hybridization (**সংকরণের দ্বারা প্রকরণ**) —সংকরণ প্রণালী দ্বারা যে জীবের বংশগতি নির্ণয় সম্ভবপর তাহা Gregor Johann Mendel (গ্রেগর জোহান মেণ্ডেল) নামক বিজ্ঞানী প্রথমে নিরূপণ

করিয়াছিলেন। সেইজন্য তিনি Genetics বা **প্রজননবিদ্যায়** অমূল্য অবদান রাখিয়া গিয়াছেন।

4. Chimeras (**সীমেরা**)—দুইটি বিভিন্ন উদ্ভিদের মধ্যে grafting বা **জোড় কলম** বাঁধিলে সংযোগ স্থলের callus (**ক্যালস**) কলা হইতে কতকগুলি

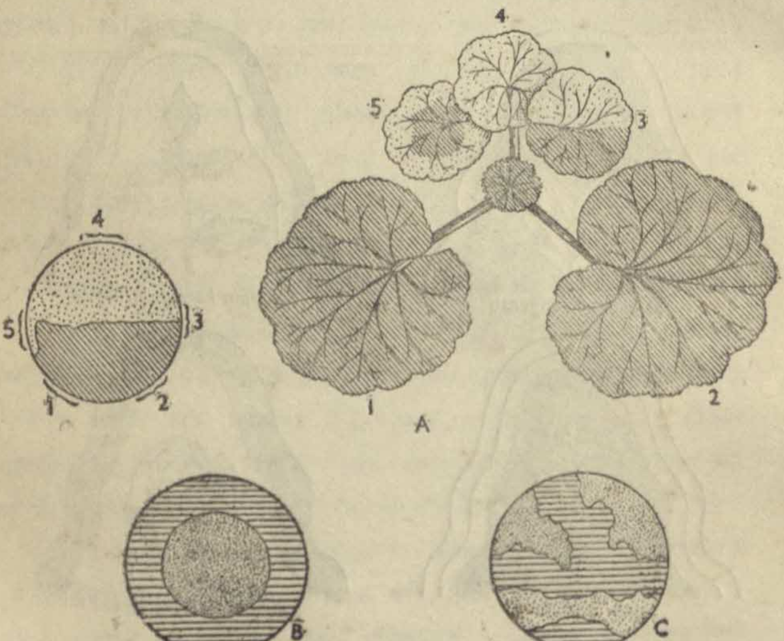


২৭নং চিত্র—বিভিন্ন প্রকারের সীমেরা

অঙ্গজ মুকুল গঠিত হইতে দেখা যায়। এই মুকুলগুলি হইতে যে শাখা উৎপন্ন হয় তাহাদিগকে অঙ্গজ বিস্তার করিলে যে সকল নূতন উদ্ভিদ সৃষ্টি হয় তাহাদের পূর্বতন উদ্ভিদগুলির মিশ্র চরিত্র ধারণ করিতে দেখা যায় এবং ইহাদের প্রকৃত

hybrid বা **সংকর** উদ্ভিদ বলিয়া ভ্রান্ত ধারণা জন্মে। এই প্রকারে উৎপন্ন মিশ্র চরিত্রবিশিষ্ট উদ্ভিদকে chimera (**সীমেরা**) বলে। কলম না বাঁধিয়াও সাধারণ উদ্ভিদের দেহকোষের mutation বা **পরিব্যক্তি** ঘটিলে সীমেরা হইতে দেখা যায়। কখনও কখনও উদ্ভিদের দেহকোষের chromosomal mutation বা **ক্রোমোজোমীয় পরিব্যক্তি** ঘটে এবং এইরূপ দুইটি বিভিন্ন উদ্ভিদের কোষগুলির ক্রোমোজোমের পার্থক্য থাকিলে তাহা হইতে যে সীমেরা উৎপন্ন হয় তাহাকে chromosomal chimera বা **ক্রোমোজোমীয় সীমেরা** বলে। এইরূপ কলা হইতে যে মুকুল গঠিত হয় তাহাকে chimeral bud mutation বা **সীমেরাঘটিত মুকুল পরিব্যক্তি** বলে।

দুই-এর অধিক প্রজননসংক্রান্ত বিভিন্ন কলা হইতে যে সীমেরা গঠিত হয় তাহাকে polyclinal chimera (**পলিক্লিনাল সীমেরা**) বলে। দুইটি



২৮নং চিত্র—সিমেরার প্রকরণ

উদ্ভিদের কলাগুলি যদি সীমেরার পৃথক এবং নির্দিষ্ট স্থানে অবস্থান করে তখন ইহাকে sectorial chimera (**সেক্টোরিয়াল সীমেরা**) বলে। পরন্তু যখন

সীমেরার মধ্যাঞ্চলে একটি উদ্ভিদের কলা এবং বহির্ভাগের ত্বক অঞ্চলে অপর উদ্ভিদের কলা থাকে তখন ইহাকে periclinal chimera (**পেরিক্লিনাল সীমেরা**) বলে। যখন উভয় উদ্ভিদেরই কলা সীমেরাতে মিশ্রিত অবস্থায় অবস্থান করে তখন ইহাকে hyperchimera (**হাইপার সীমেরা**) বলে।

যেহেতু কৃত্রিম প্রণালীতে উৎপন্ন সীমেরাতে পূর্বতন উদ্ভিদগুলির কলা বিদ্যমান থাকে যাহার ফলে উভয়েরই চরিত্র প্রস্ফুটিত হয় সেই জন্য ইহাকে graft hybrid বা **জোড় কলমের সংকর** উদ্ভিদ নামেও অভিহিত করা হয়। 1921 খ্রীষ্টাব্দে Winkler (উইনক্লার) নামক বিজ্ঞানী *Solanum nigrum* (সোলেনাম নাইগ্রাম) এবং *Solanum lycopersicum* (সোলেনাম লাইকোপার্সিকাম) নামক প্রজাতিগুলির মধ্যে পরীক্ষা করিয়া এই প্রকার সংকর উদ্ভিদ উৎপাদন করেন। Winkler (উইন্ক্লার), Jorgenssen (জরজেন্সেন) প্রমুখ বিজ্ঞানীগণ এই প্রকার সংকর উদ্ভিদের বিশদভাবে পরীক্ষা করিয়া এই সিদ্ধান্তে উপনীত হন যে ইহা পূর্বতন উদ্ভিদগুলির কলার স্ব স্ব স্বাতন্ত্র্য বজায় রাখে এবং কোনো ক্ষেত্রেই ইহাদের কোষের বা নিউক্লীয়সের মিলন হয় না।

Gene mutation

(জীন পরিব্যক্তি)

জীববিজ্ঞানীগণের মতে DNA অণুর দুইটি প্রোটিনজনিত পদার্থের মধ্যবর্তী অঞ্চলই হইল একটি gene (জীন)। ইহারা অত্যধিক সূক্ষ্ম পদার্থ এবং অতি উচ্চ ক্ষমতাসম্পন্ন অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যেও উহাদের বোধগম্য হয় না। জীবের বংশগত চরিত্রের প্রকাশই হইল জীনের একমাত্র কার্য। এইরূপ অসংখ্য জীন ক্রোমোজোম গাত্রে মালার ন্যায় রেখাকারে সজ্জিত থাকে। সাধারণত জীনগুলি অতি স্থায়ী পদার্থ এবং ইহারা কোনোরূপেই পরিবর্তিত হয় না। অবশ্য কোনো কোনো ক্ষেত্রে কদাচিৎ ইহাদের অতি সূক্ষ্ম পরিবর্তন হইতে পারে। তখন ইহাদিগকে mutated gene বা **পরিব্যক্ত জীন** বলে। এইরূপ পরিব্যক্ত জীন সন্নিকটস্থ জীনগুলির উপর কোনোরূপ প্রভাব বিস্তার করিতে পারে না অথবা ইহাদের বিভাজন-ক্ষমতাও লোপ পায় না। এইরূপ ঘটনাকে Gene mutation বা **জীন পরিব্যক্তি** বলে। ইহাকে Point mutation বা বিন্দু **পরিব্যক্তি**ও বলে কারণ

ক্রোমোজোমের একটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে জীন অবস্থান করে। এইরূপ পরিব্যক্তির ফলে ঐ নির্দিষ্ট অঞ্চলই পরিবর্তনের সম্মুখীন হয়। কখনও কখনও পরিব্যক্ত জীনের পুনরায় পরিব্যক্তি সাধিত হইতে পারে যাহার ফলে উহা পূর্বতন জীনের আকার প্রাপ্ত হয়। ইহাকে reverse mutation বা **বিপরীত পরিব্যক্তি** বলে। কোষের একটি মাত্র জীনের পরিব্যক্তি কদাচিৎ দেখা যায়। বিভিন্ন উদ্ভিদ কিংবা প্রাণীর সমগ্র ক্রোমোজোমগোষ্ঠীর বিষয় বিবেচনা করিলে জীন পরিব্যক্তি একটি অতি স্বাভাবিক ঘটনা কিন্তু তথাপি ইহার গঠনের দ্রুততার হার অতি অল্প। উদাহরণস্বরূপ বলা যায় যে, ড্রসোফিলা মক্ষিকার ক্ষেত্রে দশ লক্ষ মক্ষিকার মধ্যে মাত্র একটিতে এইরূপ পরিব্যক্তি লক্ষ্য করা যায়।

ষষ্ঠ অধ্যায়

উদ্ভিদের উন্নতিকল্পে সুপ্রজননবিদ্যার প্রয়োগ

(Application of Genetics in Plant Improvement)

সুপ্রজননবিদ্যা কেবলমাত্র তাহার প্রয়োগের দ্বারাই বিচার করা সমীচীন নহে কারণ ইহাতে মানুষের জ্ঞাতব্য বহু তথ্যই বিদ্যমান থাকে। পরন্তু ইহার সমস্যাগুলি বহু প্রকার জৈবিক প্রক্রিয়ার মধ্যে নিহিত। ব্যবহারিক প্রজননবিদ্যা যদিও স্বল্পকাল হইল প্রচলিত হইয়াছে, তথাপি ইহা সুপ্রতিষ্ঠিত। অধিকন্তু ইহা দ্রুত উন্নতির পথে অগ্রসর হইতেছে এবং মানুষের প্রভূত উন্নতি সাধন করে বলিয়া ইহার প্রয়োজনীয়তা সম্বন্ধে আমরা অতিশয় সচেতন। আজ যাহা উৎপাদকের দৃষ্টি আকর্ষণ করে কাল তাহা কৃষিবিদগণের অতি মূল্যবান তথ্যের অনুসন্ধান হিসাবে পরিগণিত হয়। সুপ্রজননবিদ্যা-বিশারদ, সমাজবিজ্ঞানী, লোকহিতৈষী ব্যক্তি, জীববিদ্যার ছাত্র এবং চিকিৎসকগণের নিকট ইহা অতীব প্রয়োজনীয় বিষয়বস্তুরূপে পরিগণিত হয়। অতএব সুপ্রজননবিদ্যায় বহু মূল্যবান বৈজ্ঞানিক তথ্য ও তাহার ফলিত প্রয়োগের অনুসন্ধান পাওয়া যায়।

বৈজ্ঞানিক প্রয়োগ—এই প্রসঙ্গে প্রথমেই বংশগতি এবং অভিব্যক্তিবাদের সম্পর্কের কথাই মনে পড়ে। অভিব্যক্তিবাদ প্রধানত বংশগতির উপর নির্ভরশীল এবং বংশগতি বলতে বংশগতির ধারা, প্রকরণ, এবং অংশত নূতন জীবের আবির্ভাব বুঝায়। Physiology বা **শারীরবৃত্তি**, Taxonomy বা **উদ্ভিদশ্রেণীবদ্ধ বিদ্যা**, Cytology বা **কোষ বিদ্যা** এবং Embryology বা **ভ্রূণবিদ্যা** প্রভৃতি জীববিদ্যার বিভিন্ন শাখায় প্রজননবিদ্যার প্রয়োজনীয়তা ক্রমশ অধিকতর স্বীকৃতি লাভ করিতেছে।

ফলিত প্রয়োগ—কৃষিকার্যে এবং মানুষের উন্নতিকল্পে প্রজননবিদ্যার বহুমুখী প্রয়োগ দেখা যায়। মানুষের ক্ষেত্রে কেবলমাত্র যে মনুষ্যজাতির উন্নতিকল্পে ইহা ব্যবহৃত হয় তাহাই নহে পরন্তু ইহা মানুষের বিভিন্ন প্রকার রোগ, criminology বা **অপরাধবিজ্ঞান**, sociology বা **সমাজবিজ্ঞান** এবং ইতিহাস প্রভৃতির বিষয় জ্ঞান লাভ করা যায়।

প্রজননবিদ্যা ও কৃষিকার্য—মেণ্ডেলের তথ্য, লিঙ্কেজ, ক্রসিং ওভার পরিব্যক্তি এবং পলিপ্লয়েডী সংক্রান্ত প্রজননবিদ্যায় বিশদ জ্ঞানলাভের দ্বারা উদ্ভিদ ও প্রাণীর প্রজনন, নির্বাচন তথা উন্নত প্রকৃতির জীবের উৎপাদন সম্ভবপর

হইয়াছে। ইহার প্রয়োগে ভুট্টা, ইক্ষু, ধান, পাট, টোমাটো, গম প্রভৃতি ফসলী উদ্ভিদের নূতন varieties বা প্রকার উৎপাদিত হয় যাহা ছত্রাকজনিত রাস্ট, প্রভৃতি রোগ প্রতিরোধ করিতে অল্পবিস্তর সক্ষম। এই প্রসঙ্গে বলা যায় যে, বর্তমানে পৃথিবীর বিভিন্ন কৃষিগবেষণাগারে ফসলী উদ্ভিদের উন্নতিকল্পে প্রজনন-সংক্রান্ত পরীক্ষাকার্য দ্রুতগতিতে অগ্রসর হইতেছে।

প্রাচীনকালে মানুষ খাদ্য, পরিধান এবং অন্যান্য নিত্যপ্রয়োজনীয় সামগ্রীর চাহিদা মিটাইবার জন্য কৃষিকার্যের উপর নির্ভর করিত। যে সকল উদ্ভিদ তাহার প্রয়োজন মিটাইত শুধু সেইগুলিই সে নির্বাচন করিত। কিন্তু প্রাকৃতিক দুর্যোগ, খরা, বন্যজন্তুর আক্রমণ প্রভৃতি হইতে উহাদের রক্ষা করা তখন দুরূহ ব্যাপার ছিল। কাজেই উহাদের রক্ষণাবেক্ষণের জন্য মানুষকে সদা সতর্ক থাকিতে হইত। অধিকন্তু, ফসলের গুণ, উৎপন্নের পরিমাণ প্রভৃতি প্রাথমিক জ্ঞান না থাকায় ঐ সকল ফসলী উদ্ভিদ চাষ করিতে প্রভূত সময় ও শক্তি বৃথা ব্যয় করিতে হইত। এমনকি কয়েক দশক বৎসর পূর্বেও চাষের জন্য প্রকৃতির উপর সম্পূর্ণ নির্ভর করিতে হইত। কিন্তু বর্তমানে প্রজননবিদ্যায় জ্ঞান লাভ করিয়া মানুষ প্রকৃতিকে জয় করিতে এবং অধিক পরিমাণে ফসল ফলাইতে সক্ষম হইয়াছে। অত্যল্প শ্রম এবং ব্যয়ের দ্বারা অতি অল্প সময়ের মধ্যে সে প্রয়োজন পরিমাণ ফসল পাইতেছে এবং ইহার জন্য নানাভাবে গবেষণাকার্যও বর্তমানে চলিতেছে। এই বিদ্যায় জ্ঞান লাভ করিয়া মানুষ জীবের বংশবৃদ্ধি, গঠন এবং বৃদ্ধিসম্পর্কীয় প্রাকৃতিক গূঢ় তথ্য জানিতে পারিয়াছে। সে এখন বিভিন্ন জীবের জীনগুলি নিপুণভাবে যুক্ত করিতে সক্ষম এবং সহজেই পরিব্যক্তি প্রবৃত্ত করিতে, পলিপ্লয়েড উদ্ভিদ উৎপাদন করিতে ও নূতন ধরনের উন্নত প্রকৃতির উদ্ভিদ ও প্রাণী সৃষ্টি করিতে পারে।

সুপ্রজননবিদ্যার প্রয়োগে গবেষণালব্ধ যে সকল উন্নত প্রকৃতির উদ্ভিদ উৎপাদন সম্ভবপর হইয়াছে তাহাদের কয়েকটির সংক্ষিপ্ত বিবরণ নিম্নে প্রদত্ত হইল ; যথা—

নূতন উদ্ভিদ উৎপাদনে পরিব্যক্তি বিশেষ অংশ গ্রহণ করে। এই প্রসঙ্গে বলা যাইতে পারে যে, সম্ভবত প্রাকৃতিক পরিব্যক্তির ফলে মাদ্রাজে G.E.B. 24 নামক এক প্রকার উন্নত জাতের ধান উৎপাদিত হইয়াছে। রঞ্জনরশ্মির সাহায্যে প্রবৃত্ত পরিব্যক্তির দ্বারা উন্নত প্রকৃতির পাট উৎপাদনের জন্য গবেষণা-কার্য চলিতেছে।

ধান, গম, তুলা, ইক্ষু, ছোলা, আপেল, টোমাটো প্রভৃতি অতি প্রয়োজনীয় ফসলী উদ্ভিদ প্রকৃতিগত উন্নততর পলিপ্লয়েড রূপে দেখা যায়। প্রজননবিদ্যা-বিশারদগণ কৃত্রিম সংশ্লেষ প্রণালীতে *Raphanobrassica* (র‍্যাফানো-ব্রাসিকা), *Brassica juncea* (ব্রাসিকা জুনসিয়া) প্রভৃতি উন্নত প্রকৃতির উদ্ভিদ উৎপাদন করিতে সমর্থ হইয়াছেন। বর্তমানে রঞ্জনরশ্মি, কলচিসীন প্রভৃতির প্রয়োগে বিভিন্ন উদ্ভিদের পরিবৃত্তি প্রবৃত্ত করিতে প্রচেষ্টা চলিতেছে। ক্রোমোজোম আধিক্য হইলে কখনও কখনও উদ্ভিদকে বিশাল আকৃতি-বিশিষ্ট হইতে দেখা যায়। Hagerup (হ্যাগারআপ), Flovik (ফ্লভিক) প্রভৃতি বিজ্ঞানীগণের মতে, এইরূপ ক্রোমোজোমের আধিক্যের ফলে কোনো কোনো উদ্ভিদ চরম আবহাওয়াপূর্ণ স্থানে জন্মাইবার ক্ষমতা লাভ করে। পলিপ্লয়েডী এবং প্রজননের মিলিত ক্রিয়ার দ্বারা আলু, তামাক, ইক্ষু প্রভৃতি রোগ-প্রতিরোধক প্রজাতি উৎপাদন করা সম্ভবপর হইয়াছে। আলু, ইক্ষু এবং কোনো কোনো মনোরম ফুলের গাছ যাহাদের কাণ্ড, পাতা, মূল প্রভৃতি অঙ্গজ অংশগুলি কেবল মানুষের প্রয়োজনীয়তায় ব্যবহৃত হয়—তাহাদের পলিপ্লয়েডী প্রবৃত্ত করিয়া বৃহৎ আকারের করা যায় এবং উহাদের বহু প্রকরণও পাওয়া যায়। এইরূপে ইক্ষু, জোয়ার প্রভৃতি উন্নত প্রকৃতির পলিপ্লয়েড পাওয়া গিয়াছে। ফসলী উদ্ভিদের ক্ষেত্রে Pure line selection বা শুদ্ধ পন্থায় নির্বাচন দ্বারাও সুফল পাওয়া গিয়াছে। বহু প্রকার উন্নত জাতের ধান, তুলা প্রভৃতি এই প্রক্রিয়ার দ্বারা সুষ্ঠুভাবে উৎপন্ন হইয়াছে। Vavilov (ভ্যাভিলভ) নামক একজন রুশদেশীয় বিজ্ঞানী তাঁহার সহকর্মিগণের সাথে এই বিষয়ে প্রচুর অনুসন্ধানকার্য চালাইয়া এই সিদ্ধান্তে উপনীত হন যে, পেরুদেশীয় এক প্রকার আলুর প্রজাতি ঠাণ্ডা প্রতিরোধ করিতে সক্ষম ; আবার মেক্সিকোদেশীয় আলুর অপর একটি প্রজাতি ছত্রাকজনিত ধ্বসা রোগ প্রতিরোধের ক্ষমতা অর্জন করে। সম্প্রতি ইক্ষু ও জোয়ার, এই দুইটি সম্পূর্ণ পৃথক গণের মধ্যে প্রজনন প্রক্রিয়ায় উন্নত প্রকৃতির উদ্ভিদ উৎপাদন সম্ভব হইয়াছে। এইরূপে বিভিন্ন ধানের প্রজাতির মধ্যে প্রজনন দ্বারা উন্নত প্রকৃতির ধান কৃতকার্যের সহিত উৎপাদিত হইয়াছে।

প্রতি বৎসর বিভিন্ন রোগের আক্রমণে বহু প্রয়োজনীয় উদ্ভিদই বিনষ্ট হয়। রোগ-প্রতিরোধক ঔষধ বা তৎসংক্রান্ত যন্ত্রপাতি বহুক্ষেত্রেই দরিদ্র কৃষকগণ কর্তৃক সংগ্রহ করা সম্ভবপর হয় না। সেইজন্য বিশেষজ্ঞগণ কর্তৃক প্রজনন প্রক্রিয়ায় রোগ-প্রতিরোধক উদ্ভিদ উৎপাদনের প্রচেষ্টা চলিতেছে এবং বহুক্ষেত্রে তাঁহারা কৃতকার্য হইয়াছেন। প্রকৃতপক্ষে ধান, গম, জোয়ার, বার্লি, তিসি,

চিনাবাদাম, নারিকেল, পাট, তুলা, ইক্ষু, তামাক প্রভৃতির বহু রোগ-প্রতিরোধক উদ্ভিদ এই প্রক্রিয়ায় উৎপন্ন হইয়াছে।

প্রজননবিদ্যা ও মানুষ—কখনও কখনও মানুষের বহুপ্রকার বংশগত ত্রুটি দেখা যায়। প্রজননবিদ্যার সাহায্যে ঐ সকল ত্রুটির প্রতিকার ব্যবস্থা করা সম্ভবপর হইয়াছে। রক্তকণিকায় বিভিন্ন জীনগোষ্ঠীর প্রকৃতি আবিষ্কৃত হওয়ায় মানুষের পক্ষে রক্তদান করা সুবিধা হইয়াছে। ইহাও আজ অবিদিত নহে যে, যৌন লিঙ্গেজঘটিত চরিত্র মানুষের বহুপ্রকার বংশগত ত্রুটির কারণ। এইরূপে সুপ্রজননবিদ্যায় জ্ঞান লাভ করিলে কেবলমাত্র যে মানুষের বহুপ্রকার বংশগত ত্রুটিগুলিই নির্ণয় করা যায় তাহাই নহে পরন্তু বিবাহের মাধ্যমে উহাদের বিস্তার প্রতিরোধ করিয়া সমাজের অশেষ কল্যাণ সাধন করা যায়।

Questions

1. Explain Mendel's Laws of Inheritance (1963).

2. Describe briefly Mendel's Laws of Inheritance and explain its importance to genetical studies (1961).

3. Describe a short account of Mendel's experiments on the inheritance of characters in plants and state the laws (1956).

4. Describe the phenomenon of *linkage*. What is a linkage group ? (1963)

Or,

Explain the phenomenon of *linkage* and mention its significance in the inheritance of characters (1966).

5. In a summer squash white fruit colour W is dominant over w. A certain white-fruited plant crossed with another yellow-fruited one and produces offspring half of which are white and half yellow in fruit colour. What are the genotypes of the parent plants ? (1962)

6. Write short notes on :

(*a*) Linkage (1957-'58), (*b*) Allelomorphs (1958), (*c*) Crossing over (1957), (*d*) Gene (1958, '64) (*e*) Segregation (1957, '58) (*f*) Dihybrid ratio (1958), (*g*) Independent assortment of factors (1962).

তৃতীয় ভাগ

অভিব্যক্তিবাদ

(Evolution)

প্রথম অধ্যায়

অভিব্যক্তিবাদ

(Evolution)

Evolution বা অভিব্যক্তি বলিতে মন্থর গতিতে অবিরাম পরিবর্তন বুঝায় যাহার ফলে নূতন কিছুর আবির্ভাব ঘটে। এইরূপে পৃথিবীতে নূতন নূতন জীবের আবির্ভাবের রহস্যকে organic evolution বা জৈব অভিব্যক্তি অথবা Theory of Evolution বা অভিব্যক্তিবাদ বলে।

পৃথিবীর সর্বত্রই লক্ষ লক্ষ উদ্ভিদ ও প্রাণী দেখিতে পাওয়া যায়। এখন প্রশ্ন হইতেছে, কখন্ এবং কিরূপ অবস্থায় ঐ সকল জীব পৃথিবীতে প্রথম আসিল এবং বসবাস করিতে লাগিল। প্রাচীনকালের ভারতীয় এবং গ্রীসদেশীয় দার্শনিকগণ হইতে আরম্ভ করিয়া বর্তমানকাল পর্যন্ত পণ্ডিতগণ বিভিন্ন প্রকার জীবের উৎপত্তি সম্বন্ধে নানাপ্রকার মতবাদ পোষণ করেন। ঐ সকল মতবাদের মধ্যে **জৈব অভিব্যক্তির** মতবাদ সর্বজনস্বীকৃত; অবশ্য ইহার বিপক্ষেও কয়েকজন জীব-বিজ্ঞানী মত পোষণ করেন।

Evolution of life and evolution of plants (জীবনের অভিব্যক্তি এবং উদ্ভিদের অভিব্যক্তি)—ভূতাত্ত্বিক এবং জ্যোতির্বিদগণ মনে করেন যে, পৃথিবী সৃষ্টি হইবার পর ইহা ছিল একটি জ্বলন্ত অগ্নিপিণ্ডের গোলক যাহা অন্যান্য গ্রহের ন্যায় সূর্যের চতুর্দিকে আবর্তন করিত। লক্ষ লক্ষ বৎসর ধরিয়া এই অগ্নিপিণ্ড ক্রমে শীতল হইতে লাগিল এবং একটি কঠিন অন্তস্তল গঠন করিল। পৃথিবীর উপরিভাগে আবহাওয়ার সৃষ্টি হইল এবং উত্তপ্ত জলীয় বাষ্প বৃষ্টির আকারে পৃথিবীর উপরিভাগে পতিত হইল। এইরূপে প্রথম অগভীর সমুদ্র, হ্রদ, উপহ্রদ প্রভৃতি জলাশয়ের উৎপত্তি হইল। এই উত্তপ্ত জলাশয়েই আকস্মিকভাবে প্রাণের প্রথম স্পন্দন দেখা দিল। ইহা একটি অত্যাশ্চর্য সজীব প্রোটোপ্লাজম। কিরূপে ইহার আবির্ভাব হইল তাহা এখনও অজ্ঞাত রহিয়াছে। ভবিষ্যতে কোনো দিন হয়ত এই রহস্যের সমাধান হইবে। সম্ভবত তৎকালীন পরিবেশ এই সজীব প্রোটোপ্লাজমের উৎপাদনের সহায়ক ছিল।

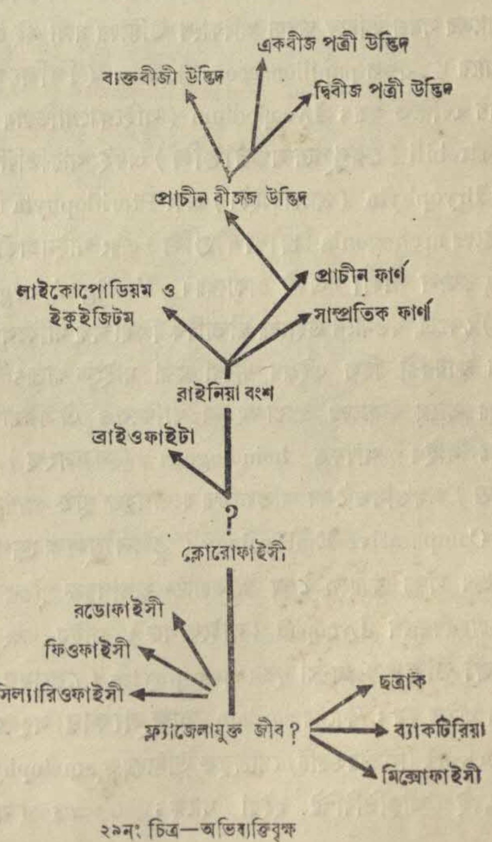
ইহা অবিদিত নহে যে, সজীব প্রাণীগঠনের মৌলিক উপাদানই হইল প্রোটিন। প্রাণীর আবির্ভাবের পূর্বে বহুকাল ধরিয়া সম্ভবত প্রাকৃতিক সংশ্লেষ

প্রণালীতে প্রোটিন উৎপন্ন হইত। হিসাব করিয়া দেখা গিয়াছে যে, প্রায় একশত কোটি বৎসর পূর্বে পৃথিবীতে সজীব প্রোটোপ্লাজমের প্রথম আবির্ভাব হয়। এই সময়ে আবহাওয়া অত্যধিক তপ্ত ছিল এবং বায়ুমণ্ডলে মুক্ত অক্সিজেনের অভাব ছিল। পরন্তু বায়ুমণ্ডল বলিতে মুক্ত হাইড্রোজেন, মিথেন ও জলীয় বাষ্প বুঝাইত। Electric discharge বা **বিদ্যুৎক্ষরণ** অথবা natural radiation বা **প্রাকৃতিক তাপ বিকিরণ**-এর প্রভাবে সম্ভবত ঐ সকল গ্যাস কৃত্রিম প্রণালীতে সংশ্লিষ্ট হইয়া বিভিন্ন প্রকার amino acids (**অ্যামাইনো অ্যাসিড**) উৎপাদন করিত। তৎকালে এই প্রকার সংশ্লেষ সম্ভবপর ছিল বলিয়া এইরূপ ধারণা করা যাইতে পারে যে প্রাণের প্রথম স্পন্দনও ঐ সময়েই জাগিয়াছিল।

এই প্রসঙ্গে Virus (**ভাইরাস**) নামক এক প্রকার অতি ক্ষুদ্রাকার পদার্থ গোষ্ঠীর উল্লেখ করা যাইতে পারে যাহা জীব ও জড়ের মধ্যবর্তী অবস্থা বলিয়া গণ্য করা হয়। ইহাদের সাধারণ অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে দেখা যায় না এবং ইহারা জীবের বহু প্রকার রোগের সৃষ্টি করে; গবেষণার দ্বারা ইহা প্রতিপন্ন হইয়াছে যে, ইহা নিউক্লিক অ্যাসিড ও প্রোটিনজনিত নিউক্লীওপ্রোটিন নামক একটি যৌগিক পদার্থ বিশেষ। ভাইরাস পদার্থগুলি প্রোটোপ্লাজমের আবির্ভাবের পরেও সৃষ্টি হইতে পারে, কিন্তু এইরূপ ধারণা করা যাইতে পারে যে কয়েকটি অজৈব পদার্থ হইতে প্রোটোপ্লাজামের সৃষ্টি হইয়াছে। যাহাই হউক তৎকালীন প্রোটোপ্লাজম সম্বন্ধে একটি সুস্পষ্ট ধারণা করা সম্ভবপর হইয়াছে এবং জানা গিয়াছে যে ইহার বিপাক প্রণালী অতি জটিল।

সজীব প্রোটোপ্লাজমের যখন প্রথম অভ্যুদয় হয় তখন তাহাদের বৃদ্ধি ছিল এবং জনন ছিল। একটি সজীব প্রোটোপ্লাজম অনুরূপ বহুসংখ্যক সজীব প্রোটোপ্লাজম উৎপাদন করিতে পারিত। ইহাদের আকৃতি একই প্রকার এবং তৎকালে জৈব জগতের সবেমাত্র জন্ম হইয়াছে বলিয়া ইহারা অজৈব পদার্থের দ্বারা পুষ্টিসাধন করিত। উদ্ভিদ ও প্রাণীর কোনোরূপ পার্থক্য পরিলক্ষিত হইত না কিন্তু কয়েক সহস্র বৎসর ধরিয়া এই সজীব প্রোটোপ্লাজম যখন লক্ষ লক্ষ বংশানুক্রম অনুসরণ করিতে লাগিল ঐ সময়ে উহাদের মধ্যে কিঞ্চিৎ variation বা **প্রকরণ** দেখা যাইল। এই প্রকরণগুলি ক্রমে একত্রিত ভাবে উহাদের মধ্যে প্রভেদ সৃষ্টি করিল যাহার ফলে উহাদের আকৃতির কিছু তারতম্য পরিলক্ষিত হইল। ইতিমধ্যে পৃথিবীর আভ্যন্তরীণ পরিবর্তন ঘটিতে আরম্ভ করে এবং কয়েকটি নূতন প্রকরণ এই নূতন পরিবেশে সামঞ্জস্য বজায়

রাখিতে সমর্থ হইল। এই দুই প্রকার প্রকরণের প্রভাবে ক্রমে নূতন নূতন সজীব পদার্থের অভিব্যক্তি হইতে লাগিল। ক্রমেই ইহা উপলব্ধি হইল যে, এই অভিব্যক্তির ফলে প্রথমে প্রাণীজগতের সৃষ্টি হইল এবং পরে উহাদেব মধ্যে কেহ কেহ chlorophyll বা সবুজ বর্ণ ধারণ করিলে উদ্ভিদ জগতের আবির্ভাব ঘটিল। এই সকল উদ্ভিদ ও প্রাণী হইতেই বিভিন্ন সজীব পদার্থের উৎপত্তি হইতে লাগিল কিন্তু উহাদের মধ্যে যাহারা নূতন পরিবেশের সহিত সামঞ্জস্য রক্ষা করিতে অক্ষম তাহারা ধ্বংসপ্রাপ্ত হইল। যাহারা জীবিত রহিল তাহারা পুনরায় অভিব্যক্তির বশবর্তী হইয়া নূতন নূতন সজীব পদার্থ গঠন করিল। এইরূপ অভিব্যক্তির ফলে প্রাচীন-কালের সজীব পদার্থ হইতে আরম্ভ করিয়া কিরূপে বর্তমানকালের উচ্চশ্রেণীর উদ্ভিদ-গোষ্ঠী বিন্যাসিত হইয়াছে তাহা নিম্নের evolutionary tree বা অভিব্যক্তিবৃক্ষ নামক চিত্রের দ্বারা বুঝান হইয়াছে। যথা—



২৯নং চিত্র—অভিব্যক্তিবৃক্ষ

দ্বিতীয় অধ্যায়

জৈব অভিব্যক্তির প্রমাণ

(Evidences of Organic Evolution)

অধিকাংশ জীববিদ্যাবিদগণই জৈব অভিব্যক্তির স্বপক্ষে মত পোষণ করেন ; অবশ্য বর্তমানেও উহাতে বহু বিতর্কমূলক তথ্য নিহিত আছে। জৈব অভিব্যক্তির স্বপক্ষে অসংখ্য উদাহরণ দেওয়া যাইতে পারে, তন্মধ্যে নিম্নলিখিতগুলি উল্লেখযোগ্য—

1. Comparative morphology or anatomy (**তুলনামূলক অঙ্গ-সংস্থান**)—বিভিন্ন প্রকার উদ্ভিদে সম-আকৃতিবিশিষ্ট অঙ্গ দেখিতে পাওয়া যায়। একই গোত্রের সমগ্র উদ্ভিদে অথবা অধিকাংশ উদ্ভিদের মধ্যে এই প্রকার সমাঙ্গ দেখা যাইতে পারে। সকল papilionaceous flowers (**শিম্বিগোত্রীয় পুষ্প**) একই রূপ দেখিতে হয় ; Lycopodium (লাইকোপোডিয়াম) এবং ব্যক্তবীজী উদ্ভিদের strobili (**রেণুপত্র-মঞ্জরীগুলি**) একই আকৃতিবিশিষ্ট হইয়া থাকে ; অনুরূপে Bryophyta (ব্রায়োফাইটা) এবং Pteridophyta (টেরিডোফাইটা) শ্রেণী উদ্ভিদের archegonia (**স্ত্রীধানীগুলি**) এবং পাইনজাতীয় উদ্ভিদের resin canals (**রজন নালী**) একই প্রকারের। Vestigeal organs (**নিষ্ক্রিয় অঙ্গের**) ক্ষেত্রে, বর্তমানে উহাদের স্বাভাবিক ক্রিয়া বন্ধ থাকিলেও অতীতে ইহারা সম্পূর্ণরূপে কার্যকরী ছিল এইরূপ ধারণা করা যাইতে পারে ; কিন্তু অভিব্যক্তির পরিবর্তনের সাথে উহাদের প্রয়োজন না থাকিলেও ঐ ক্রিয়াহীন অঙ্গটি সম্পূর্ণ বিলুপ্ত হয় নাই। অধিকন্তু homologous (**সমসংস্থ**) ও analogous (**সমবৃত্তি**) অঙ্গগুলিও জৈব অভিব্যক্তির যথোপযুক্ত যুক্তি প্রদর্শন করে।

2. Comparative Embryology (**তুলনামূলক ভ্রূণবিদ্যা**)—বিভিন্ন উদ্ভিদের ভ্রূণ লক্ষ্য করিলে জৈব অভিব্যক্তি যথোপযুক্ত যুক্তির দ্বারা প্রকাশ করা যায়। উদাহরণস্বরূপ Lycopod (লাইকোপড), পাইন এবং angiosperms (**গুপ্তবীজী উদ্ভিদ**)-এর বা নূতন sporophytes (**রেণুধর উদ্ভিদগুলি**) একই রূপে গঠিত হয় ; ফার্নের cordate (**তাম্বুলাকার**) সবুজবর্ণের প্রোথ্যালাস এবং Liverwort (লিভারওয়ার্ট) গোষ্ঠীভুক্ত উদ্ভিদের gametophyte (**লিঙ্গধর**) থ্যালস একই আকৃতিবিশিষ্ট হইয়া থাকে ; *Cycas* (সাইকাস) এবং

টেরিডোফাইটা শ্রেণী উদ্ভিদের বহু ফ্ল্যাজেলাযুক্ত শুক্রাণুগুলির আকৃতি একই রূপ দেখিতে। ইহা হইতে অনুমান করা যায় যে, নিম্নশ্রেণীর উদ্ভিদ হইতে সম্ভবত উচ্চশ্রেণীর উদ্ভিদ পৃথিবীতে আসিয়াছে, কারণ উভয় শ্রেণী উদ্ভিদেরই কিছু সাধারণ বৈশিষ্ট্য রহিয়াছে।

বয়স্ক অবস্থায় কতকগুলি প্রাণী ও উদ্ভিদের আকৃতিগত বৈশিষ্ট্য দেখা যাইলেও অনেক সময় পরিস্ফুরণকালে তাহাদের দৈহিক গঠনের কোনো পার্থক্য থাকে না।

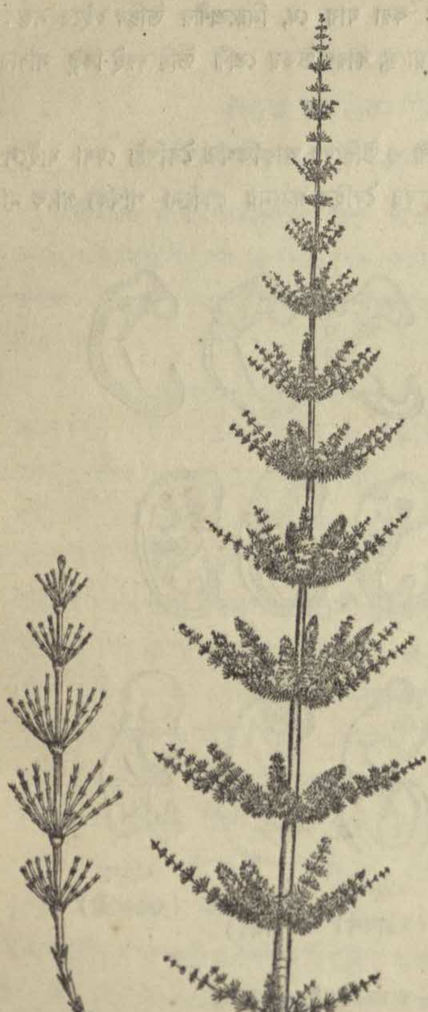


৩০ নং চিত্র—কয়েকটি প্রাণীর ভ্রূণ অবস্থা

যেমন, ভ্রূণ অবস্থায় মাছ, উভচর, সরীসৃপ, পক্ষী ও স্তন্যপায়ীর গঠন প্রায় এক (৩০নং চিত্র)। অনেক ক্ষেত্রে আবার উচ্চস্তরের প্রাণীর ভ্রূণ নিম্নস্তরের বয়স্ক প্রাণীর অনুরূপ হয়, যেমন, ব্যাঙাচি ও মাছ। ইহা হইতে প্রমাণ করা যায় যে, মাছের মত পূর্বপুরুষ হইতে ব্যাঙের উদ্ভব হইয়াছে।

ইহার উপর ভিত্তি করিয়া Hackel (হ্যাকেল) নামক জীববিজ্ঞানী Biogenic law (**জীবজনী সূত্র**)-এর অথবা Theory of Recapitulation

পুনরাবৃত্তি সূত্র)-এর দ্বারা প্রমাণ করিয়াছেন যে, ontogeny (**ব্যক্তিজনির**) recapitulation (পুনরাবৃত্তি) ঘটে অর্থাৎ উদ্ভিদ বিশেষের গঠন ঐ জাতীয় সমগ্র উদ্ভিদের গঠনকে সংক্ষিপ্তভাবে পুনরাবৃত্তি করে। উদাহরণস্বরূপ বলা যায় যে, *Acacia* (বাবলাজাতীয়) উদ্ভিদের বিভিন্ন species (প্রজাতির) চারাগুলিতে আদর্শ সবুজবর্ণের পত্র দেখিতে পাওয়া যায়, কিন্তু ঐগুলি ঝরিয়া যায় এবং petioles (**পত্রবৃন্তগুলি**), phyllode (**পর্ণবৃন্ত**)-এ রূপান্তরিত হইয়া যায়। অতএব দেখা যাইতেছে যে, ইহাদের পূর্বপুরুষদিগের ন্যায় প্রকৃত পত্র-ধারণ করিবার ক্ষমতা চারাগুলির মধ্যে নিহিত রহিয়াছে।



৩১নং চিত্র—ইকুইজিটম (খ) ও ক্যালামাইটস্‌-এর (ক) আপেক্ষিক আকৃতি

3. Geological records (**ভূবিদ্যালিপি**)—অতীত যুগের অধুনা লুপ্ত উদ্ভিদের প্রকৃতি কিরূপ ছিল তাহা fossils বা **জীবাশ্মের** সংগ্রহ হইতে জানিতে পারা যায়। Palaeo-botanists **প্রত্নোদ্ভিদবিদ্যা** বিশারদগণ পৃথিবীর বিভিন্ন স্থানে শিলাখণ্ড হইতে সংগৃহীত জীবাশ্ম পরীক্ষা করিয়া এই সিদ্ধান্তে উপনীত হন যে, প্রাচীনকাল হইতে আরম্ভ করিয়া যুগ যুগ ধরিয়া ঐসকল উদ্ভিদের মধ্যে পরিবর্তন সাধিত হইতে থাকে যাহার ফলে নূতন নূতন প্রজাতি সৃষ্ট হয়। এইজন্য অধুনা যে সকল উদ্ভিদ দেখিতে পাওয়া যায় তাহাদের সহিত

প্রাচীনকালীন কিন্তু অধুনালুপ্ত কোনো কোনো উদ্ভিদ বা তাহার অংশের সাদৃশ্য পরিলক্ষিত হয়। উদাহরণস্বরূপ বলা যায় যে, Carboniferous age বা কার্বনিফেরস যুগের বিশাল *Calamites* (ক্যালামাইটিস) নামক বৃক্ষের আকৃতি ও বর্তমানকালীন ক্ষুদ্রাকার *Equisetum* (ইকুইজিটাম) নামক উদ্ভিদের আকৃতি প্রায় একই প্রকার (৩১নং চিত্র) ; দীর্ঘাকার *Cordaites* (কর্ডেইটিস) এবং বর্তমানকালের *Yucca* (ইউক্কা)-এর মধ্যে সাদৃশ্য দেখা যায় ; Jurassic (জুরাসিক) যুগে প্রাপ্ত *Ginkgo* (গিঙ্কগো) নামক উদ্ভিদের একটি প্রজাতির পাতাগুলির সহিত বর্তমানকালীন *Ginkgo biloba* (গিঙ্কগো বাইলোবো) নামক উদ্ভিদের পাতার যথেষ্ট সাদৃশ্য বিদ্যমান। অধুনাপ্রাপ্ত Archeopterix (আরকিওপটেরিক্স) নামক প্রাণীর জীবাশ্ম পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে, ইহার সরীসৃপের ন্যায় দন্তবিশিষ্ট দুইটি চোয়াল ছিল এবং পক্ষীর ন্যায় পালকবিশিষ্ট দুইটি পক্ষ ও নখরযুক্ত দুইটি অঙ্গুলি ছিল। ইহা হইতে বিজ্ঞানীরা অনুমান করেন যে, সরীসৃপজাতীয় প্রাণী হইতে পক্ষীজাতীয় প্রাণীর আবির্ভাব হইয়াছে।

4. Geographical distribution (**ভৌগোলিক বিস্তার**)—সমগ্র পৃথিবীর বিভিন্ন অঞ্চলের উদ্ভিদগুলির বিস্তারিত জৈব অভিব্যক্তির স্বপক্ষে স্বীকৃতি প্রদান করে। দেখা গিয়াছে যে, নিকটবর্তী অঞ্চলের উদ্ভিদগুলি প্রায় অনুরূপ কিন্তু ইহাদের সহিত দূরবর্তী অঞ্চলের উদ্ভিদগুলির কিছু সাদৃশ্য থাকিলেও অধিকাংশ ক্ষেত্রে সম্পূর্ণ বিভিন্ন। উদাহরণস্বরূপ বলা যায় যে, পশ্চিমবঙ্গ, বাংলাদেশ, বিহার এবং উড়িষ্যায় প্রায় একই প্রকার উদ্ভিদের বিস্তার দেখিতে পাওয়া যায় কিন্তু ইহারা পাঞ্জাবের পার্বত্য অঞ্চল অথবা রাজপুতানার মরুভূমি অঞ্চলের উদ্ভিদ হইতে সম্পূর্ণ পৃথক। অধিকন্তু ভারতবর্ষ, বাংলাদেশ প্রভৃতি স্থানের সমতলভূমি অঞ্চলে যে সকল উদ্ভিদ দেখিতে পাওয়া যায় তাহাদিগকে সুদূর ইউরোপ, আমেরিকা প্রভৃতি স্থানের সমতলভূমিতে দেখা যায় না। জলবায়ু এবং মৃত্তিকার পরিবর্তনের ফলেই এই প্রকার উদ্ভিদ বিস্তারের তারতম্য পরিলক্ষিত হয়। একটি genus বা **গণের** কয়েকটি প্রজাতি যদি কোনো নির্দিষ্ট অঞ্চলে জন্মায় তাহা হইলে স্বভাবতই অনুমান করা যায় যে, ঐ সকল প্রজাতি ইহার কোনো পূর্বপুরুষের বংশজাত যাহা ঐ অঞ্চলে অথবা উহার সংলগ্ন বিস্তীর্ণ অঞ্চল জুড়িয়া বিস্তৃত ছিল। ইহার কারণস্বরূপ বলা যায় যে, আঞ্চলিক কারণের প্রভাবে আদি প্রজাতিটির variations বা **প্রকরণ** বিভিন্ন গতিপথে বিস্তারলাভ করে যাহার ফলে নিকট সম্বন্ধীয় নূতন নূতন প্রজাতির উদ্ভব হয়।

5. Comparative Physiology (**তুলনামূলক শারীরবৃত্ত**)—দেখা গিয়াছে যে, কতকগুলি উদ্ভিদের ক্ষেত্রে শারীরবৃত্ত প্রণালীগুলি একই প্রকারে সংঘটিত হয় এবং বিপাকের সময় সে সকল পদার্থ উৎপন্ন হয় তাহারাও প্রায় একই প্রকৃতির হইয়া থাকে। উদাহরণস্বরূপ বলা যায় যে, সকল সবুজবর্ণের উদ্ভিদই স্বাভাবিক প্রক্রিয়ায় transpiration বা **প্রস্বেদনক্রিয়া** সম্পাদন করে এবং খাদ্য প্রস্তুত করে; সকল fungi বা **ছত্রাকই** গ্লাইকোজেন নামক শর্করাজাতীয় খাদ্য সঞ্চয় করে; সকল Labiatae বা **তুলসীগোত্রীয় উদ্ভিদেই** aromatic oils বা এক প্রকার সুগন্ধ তৈল থাকে; পাইনজাতীয় সকল উদ্ভিদেই resins বা **রজন** দেখিতে পাওয়া যায়।

6. Taxonomic evidence (**উদ্ভিদ শ্রেণীবিদ্যা সংক্রান্ত তথ্য**)—উদ্ভিদগুলি যথেচ্ছাকৃত চরিত্রবিশিষ্ট হয় না। পরন্তু ইহারা একই সাদৃশ্যযুক্ত বিভিন্ন গোষ্ঠীর অন্তর্গত। এইরূপে species বা প্রজাতি ganera বা গণ, family বা গোত্র প্রভৃতির উদ্ভব হইয়াছে এবং এই সকল উদ্ভিদ একই বংশ পর্যায়ের বন্ধনে আবদ্ধ। ইহা হইতে প্রতীয়মান হয় যে, বর্তমানকালের যে সকল উদ্ভিদ দেখিতে পাওয়া যায় তাহারা প্রাক্তন উদ্ভিদের ক্রম পরিবর্তনের ফলেই আবির্ভূত হইয়াছে। এইরূপে, *nigrum* (নাইগ্রাম), *tuberosum* (টিউবারোসাম), *melongena* (মেলনজিনা) প্রভৃতি প্রজাতিগুলি একই গণ *solanum* (সোলানাম)-এর অন্তর্গত; আবার *Solanum* (সোলানাম) *Nicotiana* (নিকোটিয়ানা), *Datura* (ডাটুরা), প্রভৃতি গণ একই গোত্র *Sol.naceae* (সোলানাসি)-র অন্তর্ভুক্ত। ইহা হইতে প্রতীয়মান হয় যে, ঐ সকল প্রজাতি এবং গণ পরস্পর সাধারণ পূর্বতন উদ্ভিদের বংশজাত।

7. Genetics and Selective breeding (**সুপ্রজনন ও নির্বাচিত প্রজনন**)– ইহা অবিদিত নহে যে, cutting বা শাখাকলম, layering বা দাবা কলম, grafting বা জোড় কলম, selective breeding বা নির্বাচন প্রণালীতে প্রজনন প্রভৃতির দ্বারা নূতন প্রকৃতির উদ্ভিদ উৎপন্ন করা সম্ভব। এইরূপে *Brassica oleracea* (ব্রাসিকা ওলিরেসীয়া) নামক উদ্ভিদ হইতে ফুলকপি, বাঁধাকপি প্রভৃতি প্রয়োজনীয় উদ্ভিদের varieties বা প্রকার কৃত্রিম প্রণালীতে উৎপাদন করা সম্ভবপর হইয়াছে।

8. Artificially induced changes (**কৃত্রিম প্রণালীতে আবিষ্ট**

পরিবর্তন)—রঞ্জনরশ্মি, vernalization (ভারনালিজেশন), photoperiodism (ফোটোপিরিয়াডিজম্), hormones (হর্মোন) প্রভৃতির প্রয়োগে কখনও কখনও উদ্ভিদের নূতন চরিত্রধারণ করিতে দেখা যায় এবং যদি ইহা স্থিতিলাভ করে তখন নূতন উদ্ভিদের প্রকার অথবা নূতন প্রজাতিও জন্মলাভ করিতে পারে। উপরিলিখিত তত্ত্ব হইতে ইহাই অনুধাবন করা যায় যে, জীবিত উদ্ভিদ কখনও কখনও অভিব্যক্তিশীল পরিবর্তনের বশবর্তী।

তৃতীয় অধ্যায়

জৈব অভিব্যক্তি সম্বন্ধে মতবাদ ঃ প্রজাতির অভ্যুদয়

(Theories explaining Organic Evolution : Origin of Species)

পূর্বে পণ্ডিতগণের বদ্ধমূল ধারণা ছিল যে, কোন অতিপ্রাকৃত শক্তিই বিভিন্ন প্রকার জীবের আবির্ভাবের কারণ। কিন্তু জীববিদ্যার উন্নতির সাথে এইরূপ ধারণা ক্রমে লোপ পাইতেছে। বর্তমান যুগের Buffon (বাফোঁ) নামক একজন ফ্রান্সদেশীয় বিশেষজ্ঞ ইহার সর্বপ্রথম বিরোধিতা করেন। তিনি এই বিষয়ে যে-সকল তথ্য লিপিবদ্ধ করেন তাহা পরবর্তীকালে Doctrine of descent (ডক্‌ট্রিন অফ ডিসেণ্ট) নামক মতবাদ প্রণয়নের সহায়ক ছিল। বিভিন্ন জীববিজ্ঞানী জৈব অভিব্যক্তি সম্বন্ধে যে সকল মতবাদ পোষণ করেন তাহা নিম্নে বর্ণিত হইল—

I. **St. Hilaire's theory (সেণ্ট হিলেয়ারের মতবাদ)** — ফ্রান্সদেশীয় প্রকৃতিবিজ্ঞানী Geoffroy St. Hilaire (জিওফ্রয় সেণ্ট হিলেয়ার) বিশ্বাস করিতেন যে, পরিবেশের পরিবর্তনই একমাত্র নূতন প্রজাতি গঠনের প্রধান কারণ। তাঁহার মতে যুগ যুগ ধরিয়া আবহাওয়া, মৃত্তিকার গঠন এবং অন্যান্য পরিবেশীয় অবস্থার পরিবর্তন হইতেছে যাহার ফলে উদ্ভিদ এবং প্রাণীর আকৃতিরও পরিবর্তন ঘটে। এইরূপ পরিবর্তন যদি বংশানুক্রমে চলিতে থাকে, তাহা হইলে নূতন প্রজাতি অপর একটি প্রজাতিতে পরিণত হয়। তাঁহার মতে এই সকল পরিবর্তন ভ্রূণের মধ্যেই সাধিত হয় ; পরিণত উদ্ভিদে হয় না। এই সকল পরিবর্তনের মধ্যে কতকগুলি জীবের পক্ষে অনুকূল হয় কিন্তু কতকগুলি আবার ক্ষতিকর।

II. **Lamarck's theory (ল্যামার্কের মতবাদ)** — Jean Baptiste de Lamarck (জিয়েন ব্যাপটিস্ট-দ্যা ল্যামার্ক) একজন ফরাসীদেশীয় দার্শনিক ও প্রকৃতিবিজ্ঞানী ছিলেন (1744—1829)। তিনি জৈব অভিব্যক্তির সম্বন্ধে অতি প্রাচীন সরল এবং ন্যায়সঙ্গত ব্যাখ্যা করেন। তাঁহার মতবাদকে ব্যবহার ও অব্যবহার মতবাদ বা গুণাবলী অর্জন ও অর্জিত গুণাবলী সন্তান-সন্ততিতে হস্তান্তরিতকরণ বলা হয়। নিম্নলিখিত তথ্যের উপর ভিত্তি করিয়া ল্যামার্কবাদ প্রতিষ্ঠিত, যথা—(1) পরিবেশের প্রভাবে variations বা প্রকরণ দেখা দেয় এবং এইরূপ প্রকরণ ও প্রকৃতির মধ্যে একটি সুস্পষ্ট সম্পর্ক বিদ্যমান ; (2) বিভিন্ন

অঙ্গের ব্যবহার ও অব্যবহার করিলে জীবের চরিত্রের বহুল পরিবর্তন সাধিত হয় ; (3) ইহার দ্বারা জীবের প্রয়োজন অনুযায়ী প্রচেষ্টার দ্বারা নূতন চরিত্র গঠিত হইতে পারে এবং সর্বশেষ ও অতি মূল্যবান তথ্য হইল যে (4) এইরূপে Inheritance of acquired characters অথবা অর্জিত গুণাবলী সন্তান-সন্ততিতে হস্তান্তরিত হয়। তিনি বিশ্বাস করেন যে, পরিবেশের সহিত জীবদেহের গঠনের ঘনিষ্ঠ সম্পর্ক আছে। উর্বর জমিতে উদ্ভিদের প্রাচুর্যপূর্ণ বৃদ্ধি হয় কিন্তু অনুর্বর জমিতে বৃদ্ধি রহিত হইয়া থাকে। ল্যামার্কের মতে কোনো বিশেষ অঙ্গ অবিরাম ব্যবহার করিলে ইহা আকারে বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয় কিন্তু অব্যবহারের ফলে উহার বৃদ্ধি রহিত হইয়া ক্রমে লুপ্ত হইয়া যায়। এইরূপ অর্জিত গুণাবলী সন্তান-সন্ততির মধ্যে হস্তান্তরিত হয় এবং অবশেষে নূতন প্রজাতি জন্মলাভ করিতে পারে। ল্যামার্ক দুইটি দৃষ্টান্তের সাহায্যে তাঁহার এই মতবাদ প্রমাণ করিয়াছিলেন। তিনি বলেন যে, পুরাকালের জিরাফের গ্রীবা ও সম্মুখের পদ দীর্ঘ ছিল না। উহা উচ্চ ডাল হইতে পাতা সংগ্রহ করিবার জন্য ক্রমাগত চেষ্টার ফলে আধুনিক জিরাফের গ্রীবা এবং সম্মুখের পদ এত দীর্ঘ হইয়াছে। ল্যামার্ক বলেন, পুরাকালের উটপক্ষী উড়িতে পারিত। উহাদের পূর্বপুরুষেরা ক্রমাগত তাহাদের পক্ষ অব্যবহারের ফলে উহা একটি নিষ্ক্রিয় অঙ্গে পরিণত হইয়াছে।


৩২নং চিত্র—জিয়েস ব্যাপটিষ্ট-দ্যা ল্যামার্ক

ল্যামার্কের এইরূপ সরল মতবাদকে জীববিজ্ঞানীগণ সর্বসম্মতিক্রমে গ্রহণ করিতে পারেন নাই। আধুনিক অভিব্যক্তি বিষয়ে বিশেষজ্ঞগণ তাঁহার মতবাদের বিপক্ষে বহু তথ্য পরিবেশন করেন এবং এই মতবাদ পরিত্যাজ্য বলিয়া প্রমাণ করেন। ঐ সকল বিরুদ্ধ মতবাদগুলি হইল—(1) Weismann (ওয়াইসম্যান) নামক বিজ্ঞানী এই সম্বন্ধে বহু পরীক্ষা করেন ও পরীক্ষালব্ধ ফল ল্যামার্কবাদকে সরাসরি প্রত্যাখ্যান করে ; (2) প্রকৃতিতে যে-সকল ঘটনা পরিলক্ষিত হয় তাহা এই মতবাদের প্রকৃত সাক্ষ্য প্রদান করে না, (3) Heredity বা

বংশগতি তথ্য এবং Genetics বা **সুপ্রজননবিদ্যা** হইতে প্রাপ্ত ঘটনাবলীর মধ্যে কোনো সম্বন্ধ নাই।

সম্প্রতি রুশদেশীয় জীববিজ্ঞানী Lysenko (লাইসেনকো) ল্যামার্কবাদের নূতন রূপ দিয়াছেন এবং ইহা **লাইসেনকোবাদ** নামে পরিচিত ; কিন্তু ইহাও বিশেষ সমর্থন লাভ করে নাই। প্রকৃতপক্ষে বলিতে গেলে অর্জিত গুণাবলী সন্তান-সন্ততিতে হস্তান্তরকরণ সম্বন্ধে পরীক্ষালব্ধ প্রমাণ পাওয়া যায় নাই। পরিশেষে ব্যবহার ও অব্যবহারের ফলে যে নূতন চরিত্র গঠিত হয় তাহা বংশানুক্রমে অংশ গ্রহণ করে না।

III. Darwin's theory (ডারউইনের মতবাদ)—1965 খ্রীষ্টাব্দে ইংরাজ প্রকৃতিবিজ্ঞানী (Charles Darwin : 1809—1882), ৩৩নং চিত্র, Orgin of Species বা প্রজাতির উৎপত্তি নামক তাঁহার সুপরিচিত গ্রন্থে *Theory of Natural Selection* (প্রকৃতির নির্বাচনবাদ) লিপিবদ্ধ করিয়া যুগান্তর আনয়ন করেন। তাঁহার এই মতবাদ অভিব্যক্তি সম্বন্ধে মূল্যবান তথ্য প্রদান করে এবং ইহা বিপুল সমর্থন ও সমাদর লাভ করে। ডারউইনের মতবাদের বিশেষত্বগুলি নিম্নে বর্ণিত হইল ; যথা—



৩৩নং চিত্র—চার্লস্ ডারউইন

1. Prodigality of production **(অত্যধিক বংশবৃদ্ধির হার)**— জীবগণ অধিক সংখ্যায় বংশবৃদ্ধি করে কিন্তু ইহার মধ্যে অল্প কয়েকটি জীবিত থাকে। ডারউইনের বহু পূর্বে অবশ্য Linnaeus (লিনিয়স) নামক বিজ্ঞানী এই তথ্য নির্ণয় করেন। তাঁহার মতে যদি একটি বর্ষজীবী উদ্ভিদ বৎসরে দুইটি করিয়া বীজ উৎপন্ন করে এবং বীজগুলি অঙ্কুরিত হইয়া উৎপন্ন চারাগাছগুলির সকলেই যদি জীবিত থাকে ও প্রতি চারাগাছ যদি অনুরূপে দুইটি করিয়া বীজ সৃষ্টি করিতে থাকে তাহা হইলে দেখা যাইবে যে, কুড়ি বৎসরে দশ লক্ষেরও অধিক উদ্ভিদ উৎপন্ন হইয়াছে। প্রকৃতপক্ষে দেখা গিয়াছে

তামাক গাছ প্রতি বৎসর উদ্ভিদ প্রতি অনধিক 360,000 সংখ্যক বীজ উৎপাদন করিতে পারে এবং এক প্রকার ফার্ন বৎসরে 2000 কোটি রেণু উৎপাদন করিতে সক্ষম।

2. Struggle for existence (**জীবন সংগ্রাম**)—অত্যধিক বংশবৃদ্ধির ফলে খাদ্য, পানীয়, আলোক প্রভৃতি বিভিন্ন প্রয়োজনীয় উপাদানের অভাব ঘটে এবং ফলে তাহাদের মধ্যে জীবনধারণ করিবার জন্য সর্বদাই সংগ্রাম দেখা দেয়। এই সংগ্রাম একই প্রজাতিগুলির মধ্যে অথবা এক প্রকার প্রজাতির সহিত অন্য প্রকার প্রজাতির, অথবা উদ্ভিদের প্রজাতির সহিত প্রাণীর প্রজাতির, অথবা জীব এবং পরিবেশের মধ্যে সংঘটিত হইতে পারে।

3. Universal occurrence of variation (**বিশ্বব্যাপী পরিবৃত্তি ঘটনা**)—জীবগুলির মধ্যে বিভিন্ন প্রকরণ দেখা যায় বলিয়া উহারা বিভিন্ন প্রক্রিয়ায় পরিবেশের সহিত সামঞ্জস্য বজায় রাখিয়া চলে। উদাহরণস্বরূপ বলা যায় যে, পদ্মফুল জল ভিন্ন কখনও স্থলে জন্মায় না; ফণিমনসা যে স্থানের মৃত্তিকায় জলের প্রাচুর্য কম, সেই স্থানেই জন্মায়। অধিকন্তু একই পরিবেশে বিভিন্ন উদ্ভিদ জন্মাইলে তাহাদের মধ্যে সকল উদ্ভিদই উহাতে সমভাবে সামঞ্জস্য বজায় রাখিয়া চলিতে পারে না।

4. Survival of the fittest (**যোগ্যতমের প্রাধান্য**)—জীবন সংগ্রামের জন্য জীবগুলির মধ্যে নানারূপ প্রকরণ প্রকাশ পায় যাহার ফলে প্রকৃতি তাহার নির্বাচনী ক্ষমতা প্রয়োগ করে অর্থাৎ যাহারা প্রকৃতি প্রতিবন্ধকগুলিকে উপেক্ষা করিতে সম্পূর্ণ সক্ষম তাহারাই শুধু জয়ী হয় এবং অবশিষ্ট অনুপযুক্ত জীবগুলি লয়প্রাপ্ত হয়। সেইজন্য ডারউইন তাঁহার মতবাদের নাম দিয়াছেন Natural Selection বা প্রাকৃতিক নির্বাচন।

5. Inheritance of advantageous variations and origin of species (**উপযুক্ত প্রকরণের বংশগতি এবং নূতন প্রজাতির উৎপত্তি**)—ডারউইন মনে করেন যে, এইরূপে বংশপরম্পরায় ক্রমে উন্নততর প্রকরণ লক্ষিত হইবে এবং জীবগুলিকে পারিপার্শ্বিকের সহিত অধিকতর উপযুক্ত করিয়া তুলিবে। এইরূপে অবশেষে নূতন প্রজাতি জন্মলাভ করিতে পারে।

যদিও ডারউইনের এই মতবাদ জৈব অভিব্যক্তির উৎকৃষ্ট সাক্ষ্য প্রদান করে, তথাপি ইহা সর্বজনস্বীকৃত নহে। ভিন্ন মতবাদগুলি এইরূপ; যথা—(1) তিনি সর্বাপেক্ষা উপযুক্ত জীবই জীবনসংগ্রামে জয়লাভ করিবে বলিয়াছেন, কিন্তু

ইহাদের আবির্ভাব সম্বন্ধে কিছুই বলেন নাই ; (2) জীবনসংগ্রামে উপযুক্ত এবং অনুপযুক্তের প্রভেদ এবং অনুপযুক্তের লয়ের কারণ সম্বন্ধে তিনি কিছুই নির্দেশ দেন নাই ; (3) পরিবেশের সহিত অতিমাত্রায় উপযুক্ত করিয়া তুলিতে কোনো কোনো জীব সম্পূর্ণরূপে ধ্বংসপ্রাপ্ত হয়, সুতরাং প্রাকৃতিক নির্বাচনবাদ ইহাদের পক্ষে ক্ষতিকর ; (4) শত সহস্র উদ্ভিদ জীবনধারণে সম্পূর্ণ উপযুক্ত হইলেও প্রাকৃতিক বিপর্যয়ের ফলে ধ্বংসপ্রাপ্ত হয় এবং তখন সর্বাপেক্ষা ভাগ্যবান জীবকে বাঁচিয়া থাকিতে দেখা যায় ; (5) কোনো নির্দিষ্ট প্রজাতির প্রকরণের নির্দিষ্ট সীমা আছে ; (6) উদ্ভিদ ও প্রাণীর বহু প্রকার প্রজাতিগত বৈশিষ্ট্য আছে যাহার সহিত তাহাদের জীবনসংগ্রামের উপযুক্ততার কোনো সম্পর্ক নাই ; (7) প্রকরণগুলি বিভিন্ন হইলেও উন্নত ধরনের জটিল জীবের আবির্ভাব ইহার দ্বারা প্রমাণ করা যায় না।

এই সকল মতবিরোধ সত্ত্বেও ডারউইনের মতবাদ Genetics বা সুপ্রজননবিদ্যায় নূতন আলোকসম্পাত করিয়াছে।

IV. Weismann's Theory (ভাইজম্যানের মতবাদ)—ডারউইনের মৃত্যুর পর August Weismann (আগস্ট ভাইজম্যান, 1834-1914) তাঁহার এই মতবাদ প্রকাশ করেন। তিনি ল্যামার্কবাদের সম্পূর্ণ বিরোধী ছিলেন। ডারউইনের মতবাদকেও তিনি সম্পূর্ণরূপে গ্রহণ করিতে পারেন নাই। তাঁহার মতে অর্জিত গুণাবলী কখনও সন্তান-সন্ততিতে বর্তায় না। তাঁহার মতবাদের নাম Germ plasm theory বা জার্ম প্লাজম মতবাদ। প্রকরণ বিশ্লেষণ সম্বন্ধে বহু পরীক্ষার পর তিনি এই মতবাদ প্রকাশ করেন। তাঁহার মতবাদ হইল, প্রতি জীবিত প্রাণীর দুই প্রকার পদার্থ আছে ; একটি হইল germ plasm (জার্ম প্লাজম) এবং অপরটি হইল somatoplasm (সোমাটোপ্লাজম)। জার্ম প্লাজম হইতে জনন কোষ এবং নূতন জীবদেহ গঠিত হয় এবং অবিরাম গতিতে বংশানুক্রম বজায় রাখে কিন্তু সোমাটোপ্লাজম সর্বদাই প্রতি বংশে নূতন রূপে উদ্ভূত হয় এবং জার্ম প্লাজম হইতে সম্পূর্ণ পৃথকভাবে অবস্থান করে। সোমাটোপ্লাজমের এইরূপ ধারাবাহিকতার অভাব ঘটে বলিয়া নূতন প্রকরণ দেখা দিলে ইহা সন্তান-সন্ততিতে প্রকাশিত হয় না। অধিকন্তু সোমাটোপ্লজাম জার্ম প্লাজমে কোনরূপ প্রভাব বিস্তার করিতে পারে না।

V. De Vries' Mutation Theory (দ্য ভ্রীসের পরিব্যক্তিবাদ)—ওলন্দাজ উদ্ভিদবিজ্ঞানী Hugo de Vries (হুগো দ্য ভ্রীস, 1848-

1935 : ৩৪নং চিত্র), এই মতবাদ প্রচলন করেন। তাঁহার মতে এক প্রকার সূক্ষ্ম এবং অস্থির প্রকরণ আছে যাহারা ডারউইনের মতে বংশগতিশীল, কিন্তু প্রকৃতপক্ষে তাহারা সন্তান-সন্ততির মধ্যে সঞ্চারিত হয় না। তিনি বলেন, কতকগুলি জীব এই প্রকার প্রকরণ আকস্মিকভাবে বংশগতির স্থায়ী পরিবর্তন ঘটায় যাহার ফলে নূতন জীবের সৃষ্টি হয়। তাঁহার মতে এই প্রকার প্রকরণই প্রকৃত প্রকরণ এবং এই ঘটনাকে Mutation (**পরিব্যক্তি**) বলে। পরিব্যক্তি অ তি মা ত্রা য় সং ঘ টি ত হইতে পারে। দ্য ফ্রীসের এই মতবাদের নাম Mutation theory (**পরিব্যক্তিবাদ**) এবং যে জীবে ইহা দেখিতে পাওয়া যায় তাহাকে mutant বা **পরিব্যক্তিশীল জীব** বলে। ইহা অতিমাত্রায় সংঘটিত হইলে তখন ইহাকে monostrocities (**অঙ্গবিকৃতি**) বলা হয়। পরিবৃত্তির বিশেষত্বগুলি নিম্নরূপ ; যথা—(1) মধ্যে মধ্যে একই প্রজাতির মধ্যে পরিব্যক্তিশীল জীবের সৃষ্টি হয় ; (2) বহুক্ষেত্রেই পরিব্যক্তিশীল জীবের সন্তান-সন্ততির মধ্যে সঞ্চারিত হয় ; (3) অস্থির প্রকরণের সহিত পরিব্যক্তির কোনো সম্পর্ক নাই ; (4) পরিব্যক্তি ভিন্নমুখী হইতে পারে ; (5) পরিব্যক্তিশীল জীব সাধারণত প্রাকৃতিক নির্বাচনপথ অনুসরণ করে ; (6) অনুপযোগী পরিব্যক্তিশীল জীব প্রাকৃতিক নির্বাচনে লুপ্ত হয়।



৩৪নং চিত্র—হুগো দ্য ফ্রীস

প্রকরণ কোনো নিয়মের বশবর্তী নয়। ইহা জীবনচক্রের যে কোনো স্থানে gemete বা **গ্যামেটে** অথবা zygote বা **জাইগোটে** অথবা somatic cells বা দেহকোষেও সংঘটিত হইতে পারে।

বিভিন্ন প্রকার পরিব্যক্তি দেখিতে পাওয়া যায় ; যথা—gene mutations (**জীন পরিব্যক্তি**), chromosomal mutations (**ক্রোমোজোমীয় পরিব্যক্তি**) এবং genomatic mutations (**জেনোমীয় পরিব্যক্তি**)। কোনো কোনো বিজ্ঞানীর মতে পরিব্যক্তি পাঁচ প্রকারের ; যথা gene mutations (**জীনপরিব্যক্তি**) structural mutations (**আকৃতিগত পরিব্যক্তি**), numerical mutations (**সংখ্যাগত পরিব্যক্তি**), plastid

mutations (**প্লাস্‌টিড পরিব্যক্তি**) এবং cytoplasmic mutations (**সাইটোপ্লাজমীয় পরিব্যক্তি**)।

Gene mutation (**জীন পরিব্যক্তি**)—ইহার সম্বন্ধে Genetics বা সুপ্রজননবিদ্যা বিভাগে আলোচনা করা হইয়াছে।

Chromosomal mutation (**ক্রোমোজোমীয় পরিব্যক্তি**)—পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, জীনগুলি নির্দিষ্ট অনুক্রমে ক্রোমোজোম গাত্রে রেখাকারে সজ্জিত থাকে এবং প্রতি ক্রোমোজোমে নির্দিষ্ট সংখ্যক জীন থাকে। এখন এইরূপ হইতে পারে যে ক্রোমোজোম সংখ্যার কোনোরূপ পরিবর্তন না হইয়া কোনো নির্দিষ্ট ক্রোমোজোমে জীনের সংখ্যা অথবা ইহাদের অনুক্রমের পরিবর্তন হইতে পারে। ক্রোমোজোমের এইরূপ পরিবর্তনকে chromosomical mutations বা ক্রোমোজোমীয় পরিবর্তন বলে। ক্রোমোজোম গ্রন্থে খণ্ডিত হইয়া একটি ক্রোমোজোমের খণ্ড অপর ক্রোমোজোমের খণ্ডের সহিত যুক্ত হইয়া অথবা অনুরূপ প্রক্রিয়ার এইরূপ পরিব্যক্তি সাধিত হয়।

Genomatic mutations (**জোনোমীয় পরিব্যক্তি**)—এইরূপ পরিব্যক্তি ক্রোমোজোম গোষ্ঠীর সংখ্যার পরিবর্তন দ্বারা সংঘটিত হয়। Cytology বা কোষ-বিদ্যা বিভাগে Polyploidy (পলিপ্লয়েডী) অধ্যায়ে এই সম্বন্ধে বিস্তৃত আলোচনা করা হইয়াছে।

Somatic mutations (**দেহকোষ পরিব্যক্তি**)—কখনও কখনও যৌন-কোষ ব্যতীত বর্ধিষ্ণু অঞ্চলে অবস্থিত দেহকোষেও পরিব্যক্তি দেখা যায়। এইরূপ পরিব্যক্তিকে দেহকোষ পরিব্যক্তি বলে। অঙ্গজ জননের দ্বারা কোনো কোনো অঞ্চলে পরিব্যক্ত অংশ গঠিত হইতে পারে এবং ইহা হইতে নূতন উদ্ভিদ জন্মলাভ করে।

উপরিলিখিত পরিব্যক্তিগুলি জীবদেহের কোনো বিশিষ্ট বিপাকীয় অথবা জৈবনিক ক্রিয়ার দ্বারা স্বতঃস্ফূর্ত সংঘটিত হয় এবং এইজন্য ইহাদের spontaneous mutations (**স্বতঃস্ফূর্ত পরিব্যক্তি**) বলে। কিন্তু কোনো কোনো ক্ষেত্রে বহিস্থ অথবা অন্তস্থ কারণের দ্বারা প্রভাবান্বিত হইয়া পরিব্যক্তি সংঘটিত হইতে পারে। এইরূপ পরিব্যক্তিকে induced mutation (**আবিষ্ট পরিব্যক্তি** বলে।

Induced Mutation (**আবিষ্ট পরিব্যক্তি**)—X-ray বা রঞ্জনরশ্মি, অথবা বিভিন্ন প্রকার রাসায়নিক পদার্থ নির্দিষ্ট মাত্রায় সাবধানতার সহিত প্রয়োগ করিলে পরিব্যক্তি আবিষ্ট করা যাইতে পারে। আবেশ সৃষ্টিকারী

রাসায়নিক পদার্থগুলির মধ্যে colchicine (কলচিসিন), sulphanilamide (সালফানিলামাইড), phenylacetic acid (ফিনাইল অ্যাসিটিক অ্যাসিড), benzene (বেনজিন), DDT (ডি ডি টি) প্রভৃতি প্রধান। কখনও কখনও সাধারণ অপেক্ষা অধিক তাপমাত্রা প্রয়োগেও পরিব্যক্তি আবিষ্ট হইতে পারে। এই প্রকার আবিষ্ট উদ্ভিদ হইতে নূতন উদ্ভিদের variety বা প্রকার এবং ক্রমে species বা নূতন প্রজাতি জন্মলাভ করিতে পারে। মনে রাখিতে হইবে যে, আবেশসৃষ্টিকারী পদার্থগুলির প্রয়োগের মাত্রাধিক্য ঘটিলে বিভিন্ন প্রকার কঠিন রোগ এবং এমনকি মৃত্যু পর্যন্ত ঘটিতে পারে।

Questions

1. Define mutation and briefly discuss the importance of the phenomenon in evolution (1960)

2. What are mutations ? How may they arise ? What is their significance ? (1962, ' 64).

3. Give an account of the principles on which Charles Darwin proposed the theory of organic evolution (1966).

4. Write a short essay on inheritance of acquired characters in plants (1969).

উদ্ভিদের কথা বিশেষভাবে উল্লেখ করিয়া স্বোপার্জিত গুণাবলীর উত্তরলব্ধী সম্বন্ধে একটি সংক্ষিপ্ত প্রবন্ধ লিখ (১৯৬৯)।

5. Write in short what you know ahout the works of :

(*a*) Darwin, (*b*) Lamark, (*c*) De Vries.

6. Write short notes on :

(*a*) Theory of Natural Selection (1963, '64)

(*b*) Gene mutation (1962. '1971).

———

চতুর্থ ভাগ

ব্যবহারিক উদ্ভিদ্‌বিদ্যা

(Economic Botany)

প্রথম অধ্যায়

বহুপ্রকার উদ্ভিদ মানবজাতির নানা প্রকার কল্যাণ সাধন করে। যে উদ্ভিদবিদ্যার শাখা পাঠ করিলে বিভিন্ন প্রকার উদ্ভিদের ভেষজ, কৃষিকার্য প্রণালী প্রভৃতি নানা প্রকার উপকার সম্বন্ধে জ্ঞানলাভ করা যায় তাহাকে Economic Botany (**ব্যবহারিক উদ্ভিদবিদ্যা**) বলে।

সৃষ্টির আদি হইতে মানুষ বাঁচিবার জন্য উদ্ভিদের উপর নির্ভর করিয়া আসিতেছে। জীবনধারণ করিবার তিনটি প্রয়োজনীয় উপকরণ, যথা—খাদ্য, আশ্রয় এবং পরিধেয় বস্ত্র, উদ্ভিদই যোগাইতেছে। অধিকন্তু আমাদের বহুবিধ নিত্য ব্যবহার্য দ্রব্য, যথা—কাগজ, নানা প্রকার রাসায়নিক পদার্থ, প্রয়োজনীয় ঔষধপত্র জ্বালানি কাঠ প্রভৃতির জন্য আমরা বিভিন্ন প্রকার উদ্ভিদের নিকট ঋণী। সাবান, প্রসাধন সামগ্রী, রবার, তৈল প্রভৃতি মূল্যবান শিল্পের জন্যও উদ্ভিদের উপর নির্ভর করিতে হয়।

খাদ্য—খাদ্য জীবনধারণের অতি প্রয়োজনীর উপাদান। ইহা দেহের পুষ্টির জন্য বিশেষ প্রয়োজন। খাদ্য **তিন** প্রকারের যথা—**কার্বহাইড্রেট** বা **শ্বেতসার, প্রোটিন** বা **আমিষজাতীয় খাদ্য** এবং **চর্বি** ও **তৈলজাতীয় খাদ্য**। ইহাদের মধ্যে অধিকাংশ খাদ্যই আমরা উদ্ভিদ হইতে পাই এবং উহাদের মধ্যে অধিকাংশই আবার বাংলাদেশের ও ভারতের বিভিন্ন অঞ্চলের মৃত্তিকায় জন্মায়। এই সকল উদ্ভিদের মধ্যে ধান হইতে অতি প্রয়োজনীয় শ্বেতসার খাদ্য পাওয়া যায়। ইহা ভারতবাসীর এবং বাংলাদেশের অধিবাসীর প্রধান খাদ্য। ইহা ব্যতীত এই সকল দেশে, গম, ভুট্টা, জোয়ার, যব, প্রভৃতি প্রয়োজনীয় শ্বেতসারঘটিত উদ্ভিদেরও যথেষ্ট চাষ হয়। আলু, পটল, কুমড়া প্রভৃতি তরিতরকারীতেও প্রভূত শ্বেতসার পদার্থ থাকে। অধিকন্তু ইক্ষু. তাল. খেজুর প্রভৃতি হইতে যে রস উৎপন্ন হয় তাহা হইতে চিনি. গুড় এবং পাটালি প্রস্তুত হয়। আম, কাঁঠাল, লিচু, পেয়ারা, আতা, আঙুর, আপেল, কলা প্রভৃতি সুমিষ্ট ফলেও শ্বেতসার পদার্থ থাকে এবং উহারা ভারতের বিভিন্ন অঞ্চলে ও বাংলাদেশে যথেষ্ট পরিমাণে উৎপন্ন হয়।

প্রাণী হইতে যে প্রোটিন বা আমিষজাতীয় খাদ্য পাওয়া যায় তাহার তুলনায় উদ্ভিজ্জ প্রোটিন কোনো অংশেই কম নহে। ইহাদের মধ্যে দাইল অন্যতম। ছোলা, মুগ, মুসুর, অড়হর, কলাই প্রভৃতি বিভিন্ন প্রকার দাইলের গাছ ভারত এবং বাংলাদেশের মৃত্তিকায় প্রচুর পরিমাণে জন্মায়।

উদ্ভিজ্জ তৈল ও চর্বিজাতীয় পদার্থের মধ্যে সরিষার তৈল, নারিকেল তৈল, বাদাম তৈল প্রভৃতি প্রধান। যে সকল উদ্ভিদ হইতে উহারা উৎপন্ন হয় তাহাদের অধিকাংশ পশ্চিমবঙ্গে এবং বাংলাদেশে প্রচুর পরিমাণে জন্মায়। এই প্রকার তৈল আমাদের খাদ্যরূপে পরিগণিত হয়।

উপরিলিখিত উদ্ভিজ্জ খাদ্যে পুষ্টিকর পদার্থের অবস্থান থাকিলেও এমন এক প্রকার পদার্থ থাকা আবশ্যক যাহা ব্যতিরেকে স্বাস্থ্য ভঙ্গ হয় এবং নানারূপ রোগ দেখা দেয়। এই জাতীয় পদার্থকে vitamin (**ভাইটামিন**)বলে। বিভিন্ন প্রকার সতেজ শাকসব্জী এবং চাউল, দাইল, গম প্রভৃতি খাদ্যশস্যে ও ফলের মধ্যে লেবু, আপেল, কলা, টমাটো, পেঁপে প্রভৃতিতে প্রচুর ভিটামিন থাকে।

তন্তুজ দ্রব্য—বহু প্রকার তন্তুজ উদ্ভিদের মধ্যে কার্পাস প্রধান। ইহারা তন্তু হইতে যে তুলা উৎপন্ন হয় তাহা আমাদের পরিধেয় বস্ত্র উৎপাদনে বিশেষ প্রয়োজনীয় অংশ গ্রহণ করে। সেইজন্য প্রয়োজনীয়তার মান অনুসারে খাদ্যের পরই ইহার স্থান। পাট (ফ্লাক্স), hemp (হেম্প) প্রভৃতি হইতেও বস্ত্র প্রস্তুত হয়। অধিকন্তু শিমূল তুলায় বালিশ, গদি প্রভৃতি প্রস্তুত হয়। বাংলাদেশে উৎপন্ন তন্তুজ উদ্ভিদের মধ্যে পাট অন্যতম। ভারতের পশ্চিমবঙ্গেও ইহার যথেষ্ট চাষ হয়। পাট হইতে থলে, ক্যাম্বিস, আসন. গালিচা প্রস্তুত হয়।

বনজ কাষ্ঠ—ভারতে ও বাংলাদেশে যথেষ্ট বনভূমি দেখা যায়। ঐ সকল বনভূমি নিজ নিজ সরকারের তত্ত্বাবধানে সংরক্ষিত। ইহাতে শাল, সেগুন, শিশু প্রভৃতি মূল্যবান কাষ্ঠ জন্মায়। বনজ কাষ্ঠ গৃহনির্মাণে প্রয়োজনীয় কড়ি, বরগা, দরজা, জানালা প্রভৃতি প্রস্তুত করিতে ব্যবহৃত হয়। আমাদের জীবনযাত্রায় ইহারও প্রয়োজনীয়তা সমধিক। বনজ কাষ্ঠ হইতে আসবাবপত্র, আলমারি, খাট, তক্তপোষ, রেলের স্লিপার, সেতু প্রভৃতিতে প্রস্তুত হয়। মেহগনি গাছের কাষ্ঠ অতি মূল্যবান এবং ইহা হইতে আসবাবপত্র নির্মিত হয়। নিকৃষ্ট প্রকৃতির কাষ্ঠ জ্বালানিরূপে ব্যবহৃত হয়। পাইন, বাবলা প্রভৃতি হইতে গদ রজন প্রভৃতি উৎপন্ন হয়।

ভেষজ পদার্থ—ভারত ও বাংলাদেশে বহু উদ্ভিদই জন্মায় যাহারা কিছু-না কিছু ভেষজ গুণসম্পন্ন। আমাদের রোগ নিরাময়ের জন্য ঐ সকল ভেষজ উদ্ভিদের চাষ অপরিহার্য। এইরূপ বহু প্রকার ভেষজ উদ্ভিদ আছে যাহাদের

ভেষজ গুণ সম্বন্ধে বর্তমানেও আমরা সুপরিচিত নহি। ইহাদের সম্বন্ধে পরীক্ষাগারে যথোপযুক্ত গবেষণাকার্য চলিতেছে। অধিকাংশ ভেষজ উদ্ভিদের মধ্যে এক প্রকার alkaloid বা উপক্ষার থাকে যাহা প্রকৃতপক্ষে রোগ উপশমের কারণস্বরূপ বলা হয়। ভেষজ উদ্ভিদের মধ্যে সিন্‌কোনা, কালমেঘ, বাকস, আয়াপান, কুরচি, চিরতা, ইসবগুল প্রভৃতি উল্লেখযোগ্য। অত্যাশ্চর্য মহৌষধ penicillin (পেনিসিলিন), *Penicillium notatum* (পেনিসিলিয়ম নোটেটাম) নামক ছত্রাক হইতে প্রস্তুত হয়।

বিবিধ পদার্থ—কাগজ, রঞ্জক পদার্থ, সাবান, রবার প্রভৃতি শিল্পজাত দ্রব্য প্রস্তুত করিতে উদ্ভিদের উপর নির্ভর করিতে হয়। এই সকল শিল্পের অধিকাংশ ভারতের বিভিন্ন অঞ্চলে ও বাংলাদেশে অবস্থিত এবং উহাদের প্রস্তুত করিতে যে সকল উদ্ভিদের প্রয়োজন হয় তাহারাও এই সকল দেশে জন্মায়। কাগজ শিল্পের জন্য একপ্রকার ঘাস উৎপাদন করা হয়। পূর্বে এক প্রকার বাঁশ হইতে কাগজের মণ্ড প্রস্তুত হইত কিন্তু বর্তমানে ইহার ব্যবহার বিশেষ প্রচলন নাই। বহু পূর্বে রঞ্জক শিল্পের জন্য নীলগাছের চাষ করা হইত। ভারতের বিভিন্ন অঞ্চলে ও বাংলাদেশের উত্তরাঞ্চলে চা-গাছ উৎপাদন করা হয়। চা, কফি, কোকো প্রভৃতি হইল উদ্দীপক পদার্থ। কফি ও কোকো ভারতে উৎপন্ন হয়। তামাক, আফিং প্রভৃতি মাদক দ্রব্যের গাছও এই সকল স্থানে জন্মায়। ধনে, মৌরি, জোয়ান, এলাইচ প্রভৃতি মশলার উদ্ভিদেরও ভারতে এবং বাংলাদেশে যথেষ্ট চাষ হয়।

অতএব দেখা যাইতেছে যে, উপরিলিখিত ব্যবহারিক উদ্ভিদের প্রয়োজনীয়তার সহিত আমাদের জীবনযাত্রার মান ওতপ্রোতভাবে জড়িত এবং ঐ সকল উদ্ভিদের উৎপাদনও অপরিহার্য।

ব্যবহারিক উদ্ভিদের শ্রেণীবিভাগ

বিভিন্ন প্রকার উদ্ভিদের নানারূপ ব্যবহারিক প্রয়োজনীয়তা অনুযায়ী উহাদিগকে নিম্নপ্রকার শ্রেণীতে ভাগ করা হইয়াছে :

1. Agricultural plants (**কৃষি উদ্ভিদ**)—অর্থাৎ যে সকল উদ্ভিদ হইতে ধান, গম, দাইল, ইক্ষু, তুলা, পাট, চা প্রভৃতি পাওয়া যায়।

2. Forest plants (**বনজ উদ্ভিদ**)—অর্থাৎ যে সকল উদ্ভিদ হইতে মূল্যবান কাঠ পাওয়া যায়।

3. Horticultural plants (**উদ্যান পালন-সংক্রান্ত উদ্ভিদ**)—অর্থাৎ যে সকল উদ্ভিদ উদ্যান পালনের জন্য ব্যবহৃত হয়।

4. Medicinal plants (**ভেষজ উদ্ভিদ**)—যে সকল উদ্ভিদ হইতে অ্যাকোনাইট, বেলেডোনা প্রভৃতি ঔষধ প্রস্তুত হয়।

5. Miscellaneous plant (**বিবিধ উদ্ভিদ**)—যথা, রেশমশিল্পের জন্য তুঁত গাছ, লাক্ষা প্রস্তুত করিতে কুল গাছ প্রভৃতি।

ভারতের প্রধান প্রধান ব্যবহারিক উদ্ভিদ

বিশাল ভারতভূখণ্ডে ও বাংলাদেশে বহুপ্রকার মূল্যবান ব্যবহারিক উদ্ভিদ জন্মায়। ইহাদের মধ্যে অল্প কয়েকটির তালিকা নিম্নে দেওয়া হইল :

1. Cereals (**খাদ্যশস্য**)—যথা, ধান, গম, বার্লি প্রভৃতি।

2. Fibre-producing plants (**তন্তু-উৎপাদনকারী উদ্ভিদ**)—যথা, তুলা, পাট, শণ প্রভৃতি।

3. Sugar-producing plants (**শর্করা-উৎপাদনকারী উদ্ভিদ**)—যথা, ইক্ষু, বীট প্রভৃতি।

4. Oil-producing plants (**তৈল-উৎপাদনকারী উদ্ভিদ**)—যথা, সরিষা, তিসি, নারিকেল, বাদাম ইত্যাদি।

5. Beverage-producing plants (**উত্তেজক দ্রব্য-উৎপাদনকারী উদ্ভিদ**)—যথা, চা, কফি, কোকো।

6. Timber-producing plants (**কাষ্ঠ-উৎপাদনকারী উদ্ভিদ**)—যথা, শাল, সেগুন, মেহগনী প্রভৃতি।

7. Dye-producing plants (**রঞ্জন-উৎপাদনকারী উদ্ভিদ**)—যথা, নীল, হেমাটক্সিলিন প্রভৃতি।

8. Spice-producing plants (**মশলা উৎপাদনকারী উদ্ভিদ**)—যথা, লবঙ্গ, ধনে, জোয়ান, মৌরি প্রভৃতি।

9. Medicinal plants (**ভেষজ উদ্ভিদ**)—যথা, সিনকোনা অ্যাকোনাইট প্রভৃতি।

10. Gum, resin etc. producing plants (**গঁদ, রজন প্রভৃতি উৎপাদনকারী উদ্ভিদ**)—যথা, পাইন, বাবলা প্রভৃতি।

11. Narcotic-producing plants (**মাদকদ্রব্য-উৎপাদনকারী উদ্ভিদ**)– যথা, তামাক, আফিং প্রভৃতি।

12. Paper-producing plants (**কাগজ-প্রস্তুতকারী উদ্ভিদ**)– যথা, বাঁশ, এক প্রকার ঘাস প্রভৃতি।

13. Rubber-producing plants (**রবার উৎপাদনকারী উদ্ভিদ**)— যথা, রবার, ছাতিম প্রভৃতি।

14. Pulses (**দাইল**)—যথা, মটর, ছোলা প্রভৃতি।

15. Vegetables (**সব্জী**)—যথা, আলু, বেগুন, শাক প্রভৃতি।

16. Fruits (**ফল**)—যথা, আম, কাঁটাল, কলা প্রভৃতি।

দ্বিতীয় অধ্যায়

খাদ্যশস্য

(Cereals)

খাদ্যশস্য সমগ্র এশিয়া মহাদেশের একটি প্রধান ফসল। পৃথিবীর সর্বত্রই ইহার চাষ করা হয়। ইহারা Fam. Gramineae (গ্রামিনীগোত্রীয়) বর্ষজীবী উদ্ভিদ। কাণ্ড সূক্ষ্ম এবং অস্থানিক মূলসম্পন্ন ; পাতা দ্বিসারী-বিন্যাসযুক্ত এবং পত্রমূল কাণ্ডবেষ্টক এবং লিগিউল আছে। পুষ্পবিন্যাস সাধারণত মঞ্জরী বা ইহার রূপান্তর মাত্র এবং ভুট্টা ব্যতীত ফুলগুলি সাধারণত উভলিঙ্গ। সুস্পষ্ট পুষ্পপুট না থাকিলেও ইহাদের lodicules (**লডিকিউল**) দ্বারা অভিহিত করা হয়। গর্ভাশয় এক-গর্ভপত্রী এবং ফল ক্যারিয়প্‌সিস।

1. Paddy

(ধান)

কোনো কোনো লেখকের মতে খ্রীষ্টপূর্ব প্রায় 2800 বর্ষ পূর্বে চীনদেশে ধান চাষের বিবরণী পাওয়া গিয়াছে। উদ্ভিদবিদ De Candolle (ডি-ক্যাণ্ডোলের) মতে চীনদেশ ব্যতীত ভারতবর্ষ এবং অষ্ট্রেলিয়াতেও যে বহু পূর্ব হইতেই ধানের চাষ হইত তাহার যথেষ্ট প্রমাণ আছে। বর্তমানে কেহ কেহ মনে করেন যে, ভারতবর্ষের মধ্যে আসাম রাজ্যই প্রথমে ধানের চাষ আরম্ভ করে। ক্রমে সমগ্র দক্ষিণ ভারতে ইহা প্রভূত বিস্তার লাভ করে এবং এইরূপে তথা হইতে লাওস, ভিয়েৎনাম এবং ক্যামবডিয়াতে বিস্তৃত হয়। প্রাচীন ভারতবাসী এবং পারস্যের অধিবাসিগণ ইহার চাষের প্রণালী জানিলেও চীনাদিগের পরে ইহারা প্রত্যক্ষ চাষ আরম্ভ করে।

ভারতবর্ষের সর্বত্রই প্রচুর পরিমাণে ধানের চাষ হয়। শুধু বাংলাদেশে এবং ভারতের পশ্চিমবঙ্গে ছোট দানা, বড় দানা, সুগন্ধযুক্ত দানা প্রভৃতির প্রায় 4,000 প্রকারের ধান উৎপন্ন হয়। যে জমিতে জলের পরিমাণ অত্যধিক নয়, তথায় উৎকৃষ্ট ধান জন্মায়। থাইল্যাণ্ডের গভীর জলে যে ধানগাছ জন্মায় জলতলের বৃদ্ধির সহিত তাহার কাণ্ডও বর্ধিত হইয়া 4 মিটার দীর্ঘ হইয়া থাকে। ভারতবর্ষ এবং বাংলাদেশ ব্যতীত, চীন, জাপান, থাইল্যাণ্ড প্রভৃতির সুদূর

পূর্বখণ্ডে ধানের চাষ হয় এবং ইহাদের মধ্যে জাপানেই একর প্রতি সর্বাধিক ধান উৎপন্ন হয়।

ভারতীয় এবং বাংলাদেশের ধানকে—**আউশ, আমন ও বোরো**—এই তিন ভাগে ভাগ করা হইয়াছে। আউশ ধান হইতে সাধারণত মোটা এবং লালচে চাউল উৎপন্ন হয়, আমন ধান হইতে সরু ও মোটা উভয় প্রকার চাউলই পাওয়া যায় এবং ইহার বর্ণ আউশ অপেক্ষা উজ্জ্বল। বোরো ধান হইতে উৎপন্ন চাউল খুব মোটা এবং কালচে।

1. Aus rice (**আউশ ধান**)—শুদ্ধ ভাষায় ইহাকে আশু ধান্যও বলা হয়। ইহাদের উচ্চ জমি, বালুকাময় নদীতীর অর্থাৎ যে জমিতে বৃষ্টির পর জল দাঁড়ায় না সেই স্থানে আবাদ করা হয়। Rotation of crops (কৃষিপর্যায় অবলম্বনে) আউশ ধান চাষ করিলে সুফল পাওয়া যায়। প্রথমবর্ষে আউশ ধান চাষের পর দাইল বা তৈল বীজ বা উভয় প্রকার বীজ মিশ্রিত করিয়া চাষ করিতে হয়; দ্বিতীয় বর্ষে পাট, তৃতীয় বর্ষে ইক্ষু এবং চতুর্থ বর্ষে ঐ জমিতে পুনরায় আউশ ধান চাষ করা হয়। পঞ্চম বর্ষে আলু চাষ করা হয় এবং ষষ্ঠ বর্ষে কোনরূপ চাষ না করিয়া গরুমহিষাদির চারণভূমিতে পরিণত করা হয়।

জমি প্রস্তুত করিতে গোবর সার, পুকুরের মাটি ও ছাই প্রয়োজন এবং গাছ একটু বড় হইলে প্রতি একরে প্রায় এক কুইন্টাল রেড়ির খইল অথবা 30 কিলো অ্যামোনিয়াম সালফেট এবং 40 কিলোগ্রামের মতন হাড়ের গুঁড়া প্রয়োগ করা যাইতে পারে।

পলি, দো-আঁশ বা এঁটেল জমিতে আউশ ধান ভাল জন্মায়। উচ্চ জমিতে উত্তমরূপে জলসেচন করা বিশেষ প্রয়োজন।

শীতের শেষে জমিতে চাষ করা হয়। এপ্রিল-মে মাসে বৃষ্টি হইলে জমিতে গভীরভাবে কর্ষণ করিয়া ও মই দিয়া broadcasting বা বীজ ছড়াইতে হয়। এইরূপে বীজবপন করিলে একর প্রতি প্রায় 10-12 কিলোগ্রাম বীজের প্রয়োজন হয়। গাছ বড় হইলে আগাছা তুলিয়া ফেলা কর্তব্য। সাধারণত সেপ্টেম্বরের শেষে ধান কাটা হয়; অবশ্য কোনো কোনো ক্ষেত্রে জুলাই অথবা আগস্ট মাসেও ধান কাটা হইয়া থাকে। মনে রাখিতে হইবে যে, আউশ ধান কাটিতে দেরি করিলে পাকা ধান জমিতে ঝরিয়া পড়ে এবং ইহাদের খড়গুলিও সহজেই ভাঙ্গিয়া যায়। একর প্রতি 4·5—9·5 কুইন্টাল ধান পাওয়া যায়।

Aman or winter rice (**আমন ধান**)—আমন ধান হেমন্ত ঋতুতে পাকিয়া থাকে। সেইজন্য ইহাকে হৈমন্তিক ধান্যও বলা হয়। ইহা হইতে অতি উৎকৃষ্ট ধরনের বিভিন্ন প্রকার সরু চাউল পাওয়া যায়। আমন ধান উচ্চ জমি অর্থাৎ যে জমিতে একবারে জল দাঁড়ায় না সেই স্থানে ইহা কোনো ক্রমেই উৎপন্ন হয় না। বর্ষার প্রারম্ভে seed bed বা বীজতলা উত্তমরূপে কর্ষণ করিয়া গোবর সার ও খইলচূর্ণ মিশ্রিত করিয়া ইহা প্রস্তুত করিতে হয়। লক্ষ্য রাখিতে হইবে, যেন বীজতলায় কোনোরূপে জল না দাঁড়ায়। 35 ঘন মিটার বীজতলায় প্রায় 250 গ্রাম পরিমিত বীজ ছড়াইয়া বপন করিতে হয়। বীজ বপন করিবার পূর্বে উহাদিগকে 10 শতাংশ লবণ জলে ভিজাইতে হয়। ভারী বীজ অর্থাৎ যে বীজগুলি ডুবিয়া যাইবে তাহাদের নির্বাচন করিয়া প্রতি কিলোগ্রাম বীজের সহিত Agrosan GN (অ্যাগ্রোসান জি এন) মিশাইতে হয়। পনর দিন পরে চারাগুলি বড় হইলে প্রতি বীজতলা 10 গ্রাম nursery spray (নারসারি স্প্রে) সাত লিটার জলে দ্রবীভূত করিয়া প্রয়োগ করিতে হয়। মধ্যে মধ্যে আগাছা তুলিয়া ফেলা প্রয়োজন। ইতিমধ্যে জুলাই মাসের শেষভাগে যে জমিতে transplant বা চারা গাছ রোপণ করিতে হইবে তাহা কয়েকবার কর্ষণ করিয়া ও আড়াআড়িভাবে কর্ষণ করিয়া, জমিতে মই দিয়া সবুজসার অথবা গোবর সার দিয়া পুনরায় জমি কর্ষণ করিতে হয়। পরে 4-5টি পাতাসহ সবল চারাগুলি ঐ জমিতে প্রায় 30 সেন্টিমিটার ব্যবধানে গর্ত করিয়া এবং প্রতি গর্তে 2-3টি গাছ লইয়া রোপণ করিতে হয়। সাধারণত আগস্টের শেষ ভাগ পর্যন্ত চারা গাছ রোপণ করা হয়। প্রতি 10-12 দিন অন্তর আগাছা তুলিয়া ফেলা বিশেষ প্রয়োজন। ইহাতে মৃত্তিকা আল্‌গা থাকে। কিন্তু ফুল দেখা যাইলে আগাছা তোলা উচিত নহে। চারা রোপণের পর পোকামাকড় এবং ছত্রাক রোগের আক্রমণ প্রতিহত করিতে প্রয়োজনীয় ঔষধ প্রয়োগ করা কর্তব্য। ফুল আসিবার পূর্বে যেন জমিতে অন্তত 7 সেন্টিমিটার জল থাকে কিন্তু ফুল দেখা দিবার 20-25 দিন জমি হইতে সম্পূর্ণরূপে জল নিষ্কাশন করা প্রয়োজন। নভেম্বর হইতে ডিসেম্বরের মধ্যে সাধারণত ফসল কাটা হয়। একর প্রতি এই প্রকার ধান 15-19 কুইন্টাল পর্যন্ত উৎপন্ন হয়।

Boro rice (**বোরো ধান**)—এই প্রকার ধান আউশ অথবা আমন অপেক্ষা নিকৃষ্ট শ্রেণীর। বৎসরে দুইবার এই প্রকার ধান উৎপাদন করা যাইতে পারে। সাধারণত বাংলাদেশ, পশ্চিমবঙ্গ ও আসামের কোনো কোনো স্থানে

ইহার চাষ হয়। বোরো ধান দুই প্রকার, যথা—(*a*) Kharif boro (**খারিফ বোরো**)-জুন-জুলাই মাসে বীজ বপন করা হয়; জুলাই বা আগষ্ট মাসে চারাগাছ রোপণ করিতে হয় এবং সেপ্টেম্বর বা অক্টোবরে ফসল কাটা হয়। (*b*) Rabi boro (**রবি বোরো**)—শীতের প্রারম্ভে অক্টোবর বা নভেম্বরে বীজ বপন করিতে হয়, নভেম্বর হইতে ফেব্রুয়ারির মধ্যে কয়েকবার চারাগাছ রোপণ করিতে হয় এবং মে মাসে ফসল কাটা হয়।

পুষ্করিণী বা নদীর ধারে নীচু বীজতলায় বীজ ছড়াইয়া বপন করিতে হয়। প্রয়োজন হইলে চাষ করিবার পূর্বে জমিতে জল সেচন করিতে হইবে।

দেখা গিয়াছে যে, জমির উর্বরাশক্তি, বীজের প্রকার, জলসেচের সুবিধা এবং বৃষ্টিপাতের পরিমাণের উপর একর প্রতি ধানের উৎপাদন নির্ভর করে। ভারতে একর প্রতি গড়ে 3·5 কুইন্টাল ধান উৎপন্ন হয় কিন্তু ভারতের তুলনায় জাপানে একর প্রতি গড়ে 13·5 কুইন্টাল পর্যন্ত উৎপাদন পাওয়া যায়। সেইজন্য আমাদের ধান উৎপাদনের পরিমাণ বৃদ্ধি করিবার জন্য জাপানী প্রথায় চাষ করা হয় এবং ইহাতে সুফল পাওয়া গিয়াছে।

জাপানী প্রথায় ধানের চাষ—উৎকৃষ্ট ও উন্নত ধরনের সুস্থ বীজ উপযুক্ত রূপে প্রস্তুত এবং জমি হইতে কয়েক সে. মি. উচ্চে অবস্থিত বীজতলায় আলগা-ভাবে বপন করিতে হয়। ইহাতে চারাগাছ রোপণের সময় শিকড়গুলি বিনষ্ট হয় না। বীজগুলির অঙ্কুরোদ্গমের 8-9 দিন পর আগাছা তুলিয়া ফেলা প্রয়োজন। চারা গাছগুলি সম্পূর্ণ সুস্থ না হইলে বীজতলায় ·45 কিলোগ্রাম অ্যামোনিয়াম সালফেট ব্যবহার করিতে হইবে। গত বৎসরের আমন ধান কাটিবার পর, জমিতে লাঙ্গল দিতে হয় এবং প্রথম বর্ষণের পূর্বে একর প্রতি ·5 কুইন্টাল সুপার-ফসফেট মিশাইয়া আরও চারিবার জমিতে লাঙ্গল দিয়া 9-12 কিলোগ্রাম সুস্থ বকফুলের বীজ বপন করিতে হয়। প্রায় 8 সপ্তাহের পর ঐ জমিতে, মই দিয়া বকফুলের চারাগুলিকে মাটির সহিত মিশাইয়া দেওয়া হয় এবং যখন ঐগুলি দুই সপ্তাহ ধরিয়া পচিতে থাকে তখন পুনরায় জমিতে লাঙ্গল দিতে হয়। ইহার পরিবর্তে একর প্রতি 23 কিলোগ্রাম অ্যামোনিয়াম সালফেট এবং ·5 কুইন্টাল সুপার ফসফেট সমেত গোবর সার অথবা পচা সার ব্যবহার করা যাইতে পারে। এইরূপ জমি প্রস্তুত হইলে 15 18 সেন্টিমিটার অন্তর গর্ত খুঁড়িয়া 2-3টি চারাগাছ সারিবদ্ধভাবে রোপণ করিতে হয় যাহাতে প্রতি সারির মধ্যে 25 সেন্টিমিটার ব্যবধান থাকে। আগস্ট মাসই বীজ বপনের উপযুক্ত সময় কিন্তু

পরে হইলে অধিকসংখ্যক বীজ বপন করিতে হয়। পরে, কয়েক বার আগাছা তুলিয়া ফেলা প্রয়োজন। ফুলগুলি দানা বাঁধিলেই জমি হইতে জল নিষ্কাশনের ব্যবস্থা করার প্রয়োজন এবং বীজ পাকিলে শীঘ্রই ফসল কাটিয়া ফেলিতে হইবে।

2. Wheat
(গম)

বাংলাদেশ এবং ভারতের অন্তর্গত পশ্চিমবঙ্গের প্রধান শস্য যেমন ধান, ভারতের পশ্চিম অঞ্চলের সেইরূপ শস্য হইল গম। বাংলাদেশে এবং ভারতের পশ্চিমবঙ্গে গমের চাষ অল্পই হয়। পশ্চিমবঙ্গের মুর্শিদাবাদ, মালদহ, বাঁকুড়া, চব্বিশ পরগণা এবং বাংলাদেশের রাজসাহী, পাবনা প্রভৃতি জেলায় ইহার চাষ হয়। ভারতের বাহিরে রাশিয়া, কানাডা, যুক্তরাষ্ট্র, ফ্রান্স, আর্জেনটিনা, অস্ট্রেলিয়া প্রভৃতি দেশেও প্রধানত গম উৎপন্ন হয়। অস্টেলিয়ার গম হইতে উৎকৃষ্ট ময়দা প্রস্তুত হয়।

গম প্রধানত দুই প্রকারের, যথা, শীতকালীন গম এবং বসন্তকালীন গম। শেষোক্ত প্রকার গম প্রধানত কানাডা. সাইবেরিয়া প্রভৃতি শীতপ্রধান দেশে চাষ করা হয়। শক্ত ও নরম দানা ভেদে আবার গমকে দুই ভাগে ভাগ করা যায়। শক্ত দানা গম হইতে আটা ও সুজি এবং নরম দানা গম হইতে উৎকৃষ্ট ময়দা প্রস্তুত হয়। উৎকৃষ্ট প্রকৃতির শক্ত দানা গম গঙ্গা এবং সিন্ধুর পলিমাটিতে প্রচুর পরিমাণে চাষ করা হয়। গঙ্গা নদীর তীরে সমতল ভূমিতে কয়েকটি উৎকৃষ্ট জাতের গমের চাষ হয় যাহাদের বিবরণ নিম্নে প্রদত্ত হইল—

1. Dudhia (দুধীয়া)—শ্বেত বর্ণের গোলাকৃতি নরম দানা। পাতাগুলি সর্বাপেক্ষা চওড়া। ইহা সাদা ময়দা প্রস্তুত করিবার উপযোগী।

2. Gangajali (গঙ্গাজলী)—হালকা ধূসর বর্ণের বড় আকারের শক্ত দানা। দানাগুলিতে awn বা শূক আছে। ইহা আটা ও সুজি প্রস্তুত করিবার উপযোগী।

3. Kheri (খেড়ী)—হাল্কা ধূসর বর্ণের মাঝারি আকারের শক্ত দানা। পাতাগুলি সরু। দানাগুলি শীঘ্রই পাকিয়া যায়। ইহা গুলাবী রাবড়ি জাতীয় খাদ্য প্রস্তুত করিবার উপযোগী।

4. Jamali (জামালী)—হাল্কা লোহিত বর্ণের বড় আকারে নরম শস্য। পাতাগুলি সরু। ইহা পাউরুটি করিবার উপযোগী।

5. Pusa (পুষা)—ইহা উৎকৃষ্ট প্রকৃতির হাল্কা ধূসর বর্ণের ক্ষুদ্র শক্ত দানা। পাতাগুলি সরু। ইহা পাউরুটি প্রস্তুত করিবার উপযোগী।

সারবিহীন ও শুষ্ক জমিতে গমের চাষ ভাল হয়। কর্দমাক্ত দো-আঁশ মৃত্তিকায় ভাল গম জন্মায়। ক্ষেতে উপযুক্ত জলসেচের ব্যবস্থা থাকা প্রয়োজন। সাদা নরম দানার গম পলিমাটিতে ভাল চাষ হয়।

গমের জমি উত্তমরূপে কর্ষণ করিয়া প্রস্তুত করা প্রয়োজন। কর্ষণ করিবার সময় একর প্রতি 8-10 গাড়ি গোবর সার প্রায় 28-30 কিলোগ্রাম অ্যামোনিয়াম সালফেট এবং প্রায় সম পরিমাণে সুপার ফসফেট বা হাড়ের গুঁড়া মিশাইতে হয়। ইহার পর জমিতে উপযুক্ত মই দিয়া জলসিঞ্চন করা প্রয়োজন। চারাগুলি প্রায় 25-30 সেন্টিমিটার বড় হইলে অ্যামোনিয়াম সালফেট প্রয়োগ করা যুক্তিসঙ্গত। বাংলাদেশে এবং পশ্চিমবঙ্গে সাধারণত নভেম্বরের মাঝামাঝি হইতে ডিসেম্বরের মাঝামাঝি পর্যন্ত বীজ বপন করা হয়। বীজ বপনের পূর্বে ইহাদিগকে শোধন বা বীজাণুমুক্ত করা প্রয়োজন। সেইজন্য বীজগুলিকে তুঁতের জলে ভিজাইতে হয়। বীজ শোধনের পর একর প্রতি প্রায় 25-30 কিলোগ্রাম বীজ ছড়াইয়া বা যন্ত্রের সাহায্যে বপন করিতে হয়। জমি শুষ্ক হইলে তিন-চারি বার জলসেচন করা অবশ্য কর্তব্য। ইহা ছাড়াও মধ্যে মধ্যে জল দেওয়া ও আগাছা তুলিয়া ফেলা প্রয়োজন। গাছে মঞ্জরী আসিলে জলসেচন করা বিশেষ প্রয়োজন।

গমের দানাগুলি পাঁচ মাসের মধ্যে পক্ব দানায় পরিনত হয় এবং মার্চ হইতে এপ্রিল মাসের মধ্যে পরিপক্ব ফসল কাটা হয়। একর প্রতি সাধারণত 6-7 কুইন্টাল ফসল পাওয়া যায়। কিন্তু যত্নপূর্বক চাষ করিলে প্রায় 8-10 কুইন্টাল ফলনও পাওয়া যাইতে পারে। গম চাষের পূর্বে দাইল এবং পরে জোয়ার এবং অন্যান্য ফসল পর্যায়ক্রমে চাষ করিলে জমির উর্বরতা বৃদ্ধি পায় এবং বিভিন্ন রোগের আক্রমণ কম হয়।

উৎকৃষ্ট ফলন পাইতে হইলে নিম্নলিখিত সাবধানতা অবলম্বন করা প্রয়োজন:

(a) রাস্ট নামক ছত্রাক রোগ প্রতিরোধকারী বীজ নির্বাচন করিয়া স্মাট

নামক ছত্রাক রোগ এবং পোকা মাকড়ের আক্রমণ দমন করিবার জন্য ইহাদিগকে যথোপযুক্ত সংরক্ষণ করিয়া তবে বপন করা প্রয়োজন।

(*b*) বীজগুলি গভীর মৃত্তিকায় বপন করা হয় এবং উপরে শোরা ছড়ান হয়।

(*c*) আবহাওয়া শীতল না হইলে বীজ বপন করা কর্তব্য নহে এবং উত্তমরূপে পাকিলে তবেই ফসল কাটা উচিত।

(*d*) বীজ না ছড়াইয়া যন্ত্রের সাহায্যে সারিবদ্ধভাবে বপন করা প্রয়োজন। একর প্রতি 25-30 কিলোগ্রাম বীজ বপনই যথেষ্ট।

তৃতীয় অধ্যায়

দাইল

(Pulses)

পূর্বকাল হইতে দাইল মানুষের প্রধান খাদ্যরূপে গণ্য হইয়াছে এবং খাদ্যশস্যের মধ্যে দ্বিতীয় স্থান অধিকার করিয়াছে। সকল দাইলেই কিছু পরিমাণে কার্বোহাইড্রেট ও স্নেহপদার্থ এবং বেশী পরিমাণে নাইট্রোজেন-ঘটিত পদার্থ থাকে। সুতরাং ইহারা মাছ ও মাংসের পরিবর্তে ব্যবহৃত হয়।

সকল দাইল Fam. Leguminosae (লিগুমিনোসী) গোত্রের ও S. F. Papilionaceae (প্যাপিলিওনাসী) উপগোত্রের অন্তর্ভুক্ত। অড়হর ও মুসুর ব্যতীত সকল দাইলগাছ দুর্বল কাণ্ডযুক্ত, এবং আকর্ষের সাহায্যে কোনো অবলম্বনকে জড়াইয়া উপরে উঠে। পুষ্প papilionaceous বা প্রজাতিসম এবং উভলিঙ্গ; পুংকেশর 10টি, diadelphous বা দ্বিগুচ্ছ; গর্ভপত্র 1টি, গর্ভাশয় গর্ভপাদ এবং এককোষবিশিষ্ট। ফলকে legume (লিগুম) বলে এবং পরিপক্ক ও শুষ্ক বীজ দাইল রূপে গৃহীত হয়। মূলে এক প্রকার nodules (অর্বুদ বা গুটি) উৎপন্ন হয় এবং ইহার ভিতরে nitrogen-fixing বা নাইট্রোজেন স্থিতিকারক ব্যাকটেরিয়া বাস করে এবং ইহারাই মাটির বাতাসের নাইট্রোজেন সংগ্রহ করিয়া নাইট্রেটে পরিবর্তিত করে এবং পরে ইহা দাইল গাছগুলিকে দেয়। দাইল গাছগুলি উত্তম সার রূপে ব্যবহৃত হয় কারণ উহারা মাটির নাইট্রোজেন পরিমাণ বৃদ্ধি করে। এইজন্য ইহাদিগকে অন্যান্য ফসলের সহিত পর্যায়ক্রমে চাষ করিতে হয়।

Gram (**ছোলা**)—ছোলা এক প্রকার রবিশস্য। আমাদের দেশে তিন জাতীয় ছোলা উৎপন্ন হয়। ইহা ভারতের উষ্ণপ্রধান অঞ্চলে জন্মায়। সেপ্টেম্বর অথবা অক্টোবর মাসে ধান অথবা পাট কাটা শেষ হইলে, কর্দমাক্ত অথবা দো-আঁশ মৃত্তিকা উত্তমরূপে কর্ষণ করিয়া ছোলার চাষ করা হয়। বীজগুলি ছড়াইয়া বপন করিতে হয়, এবং সরিষা, তিসি, গম প্রভৃতির সহিত ইহার চাষ করা যাইতে পারে। ফেব্রুয়ারি অথবা মার্চ মাসে ফল পাকিয়া ফাটিয়া যাইবার পূর্বেই গাছগুলি কাটিয়া ফেলিতে হয়।

2. Pea (**মটর**)—*Pisum satium* বা মটর গাছ প্রধানত ভারতের

পশ্চিমবঙ্গ, মহারাষ্ট্র, উত্তরপ্রদেশ এবং মধ্যপ্রদেশে জন্মায়। বাংলাদেশেও ইহার চাষ হইয়া থাকে। ইহা একটি গুল্ম এবং ছোলার ন্যায় উত্তমরূপে কর্ষিত কর্দমাক্ত বা দো-আঁশ জমিতে গোবর এবং ছাই সার দিয়া ইহার চাষ করা হয়। সেপ্টেম্বর অথবা অক্টোবর মাসে বীজগুলি সারিবদ্ধভাবে প্রায় ৭০ সেন্টিমিটার ব্যবধানে বপন করা হয়। মার্চ হইতে এপ্রিলের মধ্যে ফসল কাটা হয়।

3. Lentil (**মুসুরী**)—*Lens esculenta* বা মুসুরীর গাছ প্রধানত ভারতের পশ্চিমবঙ্গ, আসাম, মহারাষ্ট্র, উত্তর প্রদেশ, মধ্যপ্রদেশ ও পাঞ্জাবে জন্মায়। বাংলাদেশেও ইহার চাষ হইয়া থাকে। ইহা বীরুৎ শ্রেণীর উদ্ভিদ। বড় ও ছোট দুই প্রকার মুসুরী উৎপন্ন হয়। আর্দ্র নিম্ন ভূমিতে বীজ বপন করিতে হয়। এইরূপ জমিতে জল নিষ্কাশনের সুবন্দোবস্ত থাকা দরকার। মার্চ মাসের শেষ ভাগে অথবা এপ্রিলের প্রথমে ফসল কাটা হয়।

4. Mung (**মুগ**)—*Phaseolus mungo* বা সোনা মুগ উৎকৃষ্ট জাতের মুগ। ইহা গুল্ম শ্রেণীর উদ্ভিদ এবং ভারতের পশ্চিমবঙ্গে ও মহারাষ্ট্রে ইহার চাষ হয়। বাংলাদেশেও ইহার চাষ করা হইয়া থাকে। সেপ্টেম্বর হইতে অক্টোবর মাসের মধ্যে উচ্চ ভূমিতে অবস্থিত দো-আঁশ মাটিতে বীজ ছড়াইয়া বপন করা হয়। জমি প্রস্তুত করিবার সময় মধ্যে মধ্যে গোবর সার ব্যবহার করা প্রয়োজন। জানুয়ারি হইতে ফেব্রুয়ারি মাসের মধ্যে ফসল কাটা হয়।

5. Pigeon pea (**অড়হর**)—*Caianus indicus* বা অড়হর গাছের আদি জন্মস্থান আফ্রিকাতে হইলেও বর্তমানে ভারতে ও বাংলাদেশে ইহা সুন্দরভাবে চাষ করা হয়। ইহারা বীরুৎ শ্রেণীর উদ্ভিদ এবং উচ্চতায় প্রায় 1·8 হইতে 2·4 মিটার পর্যন্ত হয়। দুই প্রকারের অড়হর গাছ দেখিতে পাওয়া যায়। এক প্রকারের জানুয়ারি মাসে এবং অপর প্রকারের মার্চ মাসে ফসল কাটা হয়। শেষোক্ত প্রকার হইতে অধিক পরিমাণের ফসল পাওয়া যায় এবং বীজগুলিও আকারে বড়। মে মাস হইতে জুন মাসের মধ্যে কর্দমাক্ত বা দো-আঁশ জমি উত্তমরূপে কর্ষণ করিয়া অন্তত দুই হাত ব্যবধানে বীজ বপন করা হয়।

6. Grass pea (**খেসারি**)—*Lathyrus sativus* বা খেসারি গাছ এক গুল্মজাতীয় উদ্ভিদ এবং প্রধানত উত্তর ভারতে ইহার চাষ করা হয়। ইহা নিকৃষ্ট শ্রেণীর দাইল। ইহার চাষের জন্য নিম্ন সিক্ত জমি উপযোগী এবং জমিতে কোনরূপ কর্ষণ করিবার বা সার দিবার প্রয়োজন হয় না। সেপ্টেম্বর

অথবা অক্টোবরে আমন ধান উঠিলেই জমিতে বীজ ছড়াইয়া বপন করা হয়। ফেব্রুয়ারি হইতে মার্চ মাসের মধ্যে ফসল কাটা হয়। দীর্ঘ দিন ধরিয়া এই প্রকার দাইল খাইলে এক প্রকার পক্ষাঘাত রোগ (lathyrism) আক্রমণের সম্ভাবনা থাকে।

7. Kelai (**কলাই**)—*Phaseolus rotouraghii* বা কলাই গাছ বাংলাদেশে এবং পশ্চিমবঙ্গে প্রচুর পরিমাণে চাষ করা হয়। ইহা কর্দমাক্ত বা দো-আঁশ উচ্চ জমিতে চাষ করা হয়। অন্তত একবার জমি কর্ষণ করা প্রয়োজন কিন্তু কর্ষণ করা বা সার দেওয়াতে বিশেষ যত্নবান না হইলেও চলে। এপ্রিল হইতে মে মাসের মধ্যে বীজ ছড়াইয়া বপন করিতে হয় এবং সাধারণত সেপ্টেম্বর মাসে ফসল কাটা হয়।

চতুর্থ অধ্যায়

তৈল উৎপাদনকারী উদ্ভিদ

(Oil-Producing Plants)

বহুপ্রকার উদ্ভিদ হইতেই তৈল উৎপন্ন হয়। ইহারা প্রধানত দুই প্রকারের হইয়া থাকে। যথা—

(*a*) Volatile oils (**উদ্বায়ী তৈল**)—এই প্রকার তৈলের এক প্রকার মিষ্ট গন্ধ থাকে এবং বায়ুর সংস্পর্শে উহারা উড়িয়া যায়। ইহারা উদ্ভিদের বিভিন্ন অংশের তৈলগ্রন্থিতে উৎপন্ন হয়। ইহাদের সাধারণত পাতন বা পেষণ প্রক্রিয়ায় নিষ্কাশন করা হয়। তুলসী, পিয়াজ, লেবু প্রভৃতি গোত্রের উদ্ভিদে ইহারা উৎপন্ন হয়। সুগন্ধ দ্রব্য প্রস্তুত করিতে প্রধানত ইহার প্রয়োজন হয়। ইউক্যালিপটাস তৈল কর্পূর তৈল প্রভৃতি হইতে ঔষধ প্রস্তুত হয়। তার্পিন তৈল বার্নিশ ও রং শিল্পে ব্যবহৃত হয়।

(*d*) Fatty oils (**চর্বিজাতীয় তৈল**)—ইহারা সাধারণ তাপমাত্রা ও বায়ুর চাপে তরল অবস্থায় থাকে এবং কখনই উবিয়া যায় না। সেইজন্য ইহাদের আর একটি নাম fixed বা স্থায়ী তৈল। ইহারা জলে অদ্রবণীয় এবং পাতন প্রণালীর দ্বারা ইহাদের নিষ্কাশন করা যায় না। ইহারা প্রধানত বীজের মধ্যে সঞ্চিত থাকে কিন্তু ভূমিস্থ কাণ্ড, বায়বীয় কাণ্ড, ফুল প্রভৃতির মধ্যেও উৎপন্ন হইতে পারে। খাদ্য হিসাবে এবং বিভিন্ন প্রকার শিল্পে ইহারা ব্যবহৃত হয়। কেহ কেহ আবার ঔষধ প্রস্তুত করিতে এবং বাতি জ্বালাইতেও ব্যবহার করিয়া থাকে। রেড়ীর তৈল, সরিষার তৈল, বাদাম তৈল, কার্পাস বীজ তৈল, সূর্যমুখীর তৈল, নারিকেল তৈল প্রভৃতি ইহার উদাহরণ।

1. Groundnut oil (**চীনাবাদাম তৈল**)—এই প্রকার তৈল সর্বদাই তরল অবস্থায় থাকে এবং উন্মুক্ত রাখিলেও কখনই ইহার উপরে পাতলা স্তর জমে না। ইহা চীনাবাদাম গাছের বীজ হইতে উৎপন্ন হয়। *Arachis hypogea* বা চীনাবাদাম গাছ Fam. Leguminosae বা লিগুমিনোসী গোত্রের এবং Sub Fam. Papilionaceae বা প্যাপিলিয়নাসী উপগোত্রের অন্তর্গত।

সম্ভবত ব্রেজিল হইল চীনাবাদামের আদি জন্মস্থান। বর্তমানে অস্ট্রেলিয়া, ভারতবর্ষ, বাংলাদেশ, বর্মা, চীন, জাপান, আফ্রিকার কোনো কোনো অঞ্চল এবং আমেরিকার যুক্তরাষ্ট্রে ইহার চাষ হয়। আবার ভারতের মধ্যে

তামিলনাড়ুতে সর্বাধিক চীনাবাদামের চাষ হইয়া থাকে এবং তৎপরে মহারাষ্ট্রের স্থান। ইহা ছাড়াও কর্ণাটক (মহীশূর), অন্ধ্রপ্রদেশ, মধ্যপ্রদেশ এবং উত্তর প্রদেশেও ইহার চাষ হইয়া থাকে।

চীনাবাদাম গাছ বর্ষজীবী উদ্ভিদ। ইহার প্রচুর শাখাপ্রশাখায় উৎপন্ন হয়। ইহার সুস্পষ্ট প্রধান মূল ব্যতীত বহুসংখ্যক অস্থানিক মূল আছে। মূলেতে বহু সংখ্যক nodules বা অর্বুদ দেখা যায়। এই সকল অর্বুদ একপ্রকার ব্যাকটিরিয়ার আবাসস্থল যাহারা মৃত্তিকায় নাইট্রোজেন স্থিতিকরণের দ্বারা উহাকে উর্বর করিয়া থাকে। পুষ্প দুই প্রকারের; যথা, উর্বর ও বন্ধ্যা। নিষেকের পর উর্বর পুষ্পগুলির বৃন্ত বাঁকিয়া মৃত্তিকার নিম্নে প্রবেশ করে এবং তথায় legume (লিগুম) নামক ফলে পরিণত হয়। ফলে দুইটি করিয়া বীজ থাকে এবং ইহাই প্রকৃত চীনাবাদাম।

বালুকাময় স্থানে সাধারণত চীনাবাদামের চাষ হইয়া থাকে। ইহাতে নিষিক্ত পুষ্পগুলি সহজেই মৃত্তিকায় প্রবেশ করিতে পারে এবং মৃত্তিকা-নিম্নস্থ পুষ্পগুলি ফলে পরিণত হইলে উহাদের সহজেই অপসারণ করা যায়। বালুকাময় দো-আঁশ মাটি, পলিমাটি, এবং কৃষ্ণমৃত্তিকাতে ইহার চাষ করা হয়। মহীশূরের কৃষকগণ জমিকে উপযুক্ত উর্বর করিতে অ্যামোনিয়াম স'লফেট ও ফসফরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ ব্যবহার করেন। সুস্থ ও সবল ফল হইতে বীজগুলি সংগ্রহ করিয়া জমিতে প্রায় 20-30 সেন্টিমিটার ব্যবধানে সারিবদ্ধভাবে ছড়াইয়া বপন করিতে হয়। মে হইতে জুলাই মাসের মাঝামাঝি পর্যন্ত বীজ বপনের প্রকৃষ্ট সময়। বপনের পর বীজগুলিকে মৃত্তিকার দ্বারা আলগাভাবে আবৃত করা প্রয়োজন।

পরিণত উদ্ভিদগুলি পীতবর্ণ ধারণ করিলে এবং পাতা শুষ্ক হইতে আরম্ভ করিলে প্রখর সূর্যালোকে উহাদিগকে মৃত্তিকা হইতে অপসারণ করা হয় এবং অধিকতর শুষ্ক করিবার উদ্দেশ্যে কোনো উন্মুক্ত স্থানে একত্রিত করিয়া রাখা হয়। উদ্ভিদগুলি যথেষ্ট শুষ্ক হইলে উহাদিগকে একখণ্ড দণ্ডের দ্বারা আঘাত করিয়া ফলগুলিকে পৃথক করা হয়। ফলগুলি প্রথমে স্বল্প সিক্ত থাকে এবং কয়েক দিন রৌদ্রে রাখিলেই উহারা সম্পূর্ণ শুষ্ক হইয়া যায়।

পৃথিবীর মধ্যে ভারতেই সর্বাধিক চীনাবাদাম উৎপন্ন হয়। ভারতে উৎপন্নের পরিমাণ একর প্রতি প্রায় 400 কিলোগ্রাম কিন্তু কোনো কোনো ক্ষেত্রে এই পরিমাণ 500-550 কিলোগ্রাম পর্যন্ত হইতে পারে।

চীনাবাদামের অধিকাংশ পরিমাণই বালিতে ভাজিয়া অথবা লবণজলে সিদ্ধ করিয়া ও পরে শুষ্ক করিয়া খাদ্য হিসাবে গ্রহণ করা হয়। ইহাতে প্রায় 40 শতাংশ তৈল থাকে বলিয়া মাখন প্রস্তুত করিতে ও তৈল উৎপাদন করিতেও ইহা ব্যবহৃত হয়।

2. Mustard (**সরিষা**)—সরিষার বীজ হইতে একপ্রকার উৎকৃষ্ট তৈল উৎপন্ন হয় এবং উহা রন্ধন কার্যের একটি প্রধান উপাদান। সমগ্র ভারতে এবং বাংলাদেশে নানা জাতীয় তৈল বীজের আবাদ হয় কিন্তু তাহাদের মধ্যে পশ্চিমবঙ্গে সরিষার আবাদ উল্লেখযোগ্য। চীন, জাপান এবং ইউরোপের কোনো কোনো স্থানে সরিষার চাষ হইয়া থাকে।

আমাদের দেশে এবং বাংলাদেশে **রাই** বা **শ্বেত, কৃষ্ণ** এবং **টোরি** বা **মাখি,** তিন জাতীয় সরিষার চাষের প্রচলন আছে। সরিষা Eam Cruciferae বা ক্রুসিফেরী গোত্রীয় এবং *Brassica* (ব্রাসিকা) গণভুক্ত। *Brassicca nigra* (কৃষ্ণ সরিষা) বর্ষজীবী এবং অনধিক এক মিটার দীর্ঘ ; পত্র মৃৎকাণ্ডজ বা কাণ্ডজ সাধারণত মূলক পত্রাকার, অবৃন্তক ; পুষ্পবিন্যাস রেসীম ; পুষ্পগুলি উভলিঙ্গ, গর্ভপাদ ; দলমণ্ডল ক্রুসাকার ; পুং-স্তবক দীর্ঘচতুষ্টয়ী ; ফল বহুবীজী সিলিকুয়া। কিন্তু *B, alba* (শ্বেত সরিষা)-র পত্রগুলি সবৃন্তক এবং উদ্ভিদটি কেশদ্বারা আচ্ছাদিত। রাই সরিষার ঝাঁজ অন্য জাতীয় সরিষা অপেক্ষা অধিকতর তীব্র এবং ইহাতে প্রায় 20 ভাগ তৈল আছে। শ্বেত সরিষাতে শতকরা প্রায় 33 ভাগ তৈল পাওয়া যায় এবং আমাদের দেশে প্রায় সর্বত্রই ইহার চাষ করা হয়। মাখি বা টোরি জাতীয় সরিষাতে শতকরা প্রায় 40 ভাগ তৈল পাওয়া যায় এবং ইহার বীজ শীঘ্রই পরিপক্ক হয়।

বর্ষাকালের পর আগস্ট অথবা সেপ্টেম্বর মাসে বীজ বপন করা হয়। প্রতি 1·700 বর্গমিটার জমিতে প্রায় এক কিলোগ্রাম বীজের প্রয়োজন হয় এবং ইহাতে 55-75 কিলোগ্রাম সরিষা উৎপন্ন হয়। বালুকাময় বা প্রস্তরময় উচ্চ দো-আঁশ জমিতেও সরিষার চাষ করা যায়। প্রতি 1·700 বর্গমিটার জমিতে প্রায় 25-30 কিলোগ্রাম হাড়ের গুঁড়া, প্রায় 200 কিলোগ্রাম খইল এবং প্রায় 400 কিলোগ্রাম গোবর মিশ্রিত করা যাইতে পারে। বীজ বপন করিবার পূর্বে জমি উত্তমরূপে কর্ষণ করা প্রয়োজন। ফেব্রুয়ারি অথবা মার্চ মাস হইতে বীজ পাকিতে আরম্ভ হয়। বীজ ঘানিতে পিষিয়া সরিষার তৈল বাহির করা হয়।

3 Coconut (**নারিকেল**)—নারিকেল Fam. Palmaceae বা পামী গোত্রীয় বহুবর্ষজীবী উদ্ভিদ। কাণ্ড অশাখ, স্থায়ী পত্রমূল দ্বারা আচ্ছাদিত এবং

উহার অগ্রভাগে পত্রমুকুট থাকে। মূলগুলি গুচ্ছমূল। পত্রগুলি পক্ষল এবং সুস্পষ্ট মধ্যশিরাযুক্ত। পুষ্পবিন্যাস, স্পেডিকস্ এবং পুষ্পগুলি কাষ্ঠল নৌকার ন্যায় স্পেদ দ্বারা আবৃত। পুং-পুষ্পে ও স্ত্রী-পুষ্পে দুই স্তবকে তিনটি করিয়া পুষ্পপুট আছে। পুং-স্তবকে 3+3টি পুংকেশর, এবং স্ত্রী-স্তবকে 3টি গর্ভপত্র, ও তিনকোষ্ঠবিশিষ্ট গর্ভাশয় আছে এবং প্রতি কোষ্ঠে একটি করিয়া ডিম্বক থাকে, কিন্তু একটি মাত্র ডিম্বক পরিণত প্রাপ্ত হয় এবং অবশিষ্টগুলি বিনষ্ট হইয়া যায়।

সমুদ্রতীরবর্তী স্থানে এবং লবণাক্ত আর্দ্র বায়ুতে নারিকেল গাছ ভাল জন্মায়। পার্বত্য প্রদেশে এবং শীতপ্রধান দেশে নারিকেল গাছ জন্মাইতে দেখা যায় না।

নারিকেল গাছের উৎপত্তি স্থান সম্বন্ধে নানা প্রকার মতবাদ আছে। উদ্ভিদবিজ্ঞানী ক্যানডোসির মতে ভারত মহাসাগরস্থ দ্বীপপুঞ্জই নারিকেলের আদি জন্মস্থান, কিন্তু উদ্ভিদবিজ্ঞানী কুক সাহেব বলিয়াছেন যে, নারিকেলের উৎপত্তিস্থান হইল আমেরিকা। বিখ্যাত ভ্রমণকারী মার্কো পোলো ত্রয়োদশ এবং কম্‌মস্ নামক অপর এক ভ্রমণকারী ষষ্ঠ শতাব্দীতে নারিকেলকে ভারতীয় ফসল বলিয়া উল্লেখ করিয়াছেন। ভারতবর্ষের দাক্ষিণাত্যই হইল প্রকৃতপক্ষে নারিকেলের আদি উৎপত্তিস্থান। সাধারণত ভারতের দক্ষিণ উপকূলে, পশ্চিমবঙ্গে, বাংলাদেশে, আন্দামান ও নিকোবর দ্বীপপুঞ্জে, শ্রীলঙ্কা (সিংহল), ফিলিপাইন প্রভৃতি সুদূর প্রাচ্যের স্থানসমূহে এবং আফ্রিকা ও আমেরিকার উষ্ণপ্রধান অঞ্চলে নারিকেল গাছ জন্মায়।

দুই শ্রেণীর নারিকেল গাছ দেখা যায়; যথা—(1) দীর্ঘাকার, যাহা 8-10 বৎসরে ফল ধারণ করে ও প্রায় 80 বৎসর পর্যন্ত বাঁচিয়া থাকে। (2) খর্বাকার যাহা 4-5 বৎসরে ফল ধারণ করে এবং প্রায় 30 বৎসর পর্যন্ত বাঁচিয়া থাকে। দীর্ঘাকার উদ্ভিদ অপেক্ষা খর্বাকার উদ্ভিদে অধিক পরিমাণে ফসল উৎপন্ন হয়।

অতিমাত্রায় পরিণত বা ঝুনা নারিকেল কোনো আর্দ্র ছায়াযুক্ত স্থানে অঙ্কুরোদ্গমের জন্য রাখিতে হয়। অন্তত এক বৎসর পরে চারাগাছগুলি বার হাত অন্তর এক হাত গভীর ও দেড় হাত প্রশস্ত গর্ত করিয়া, কাঠের ছাই, গোবর ও পরিমাণমত লবণ সার দ্বারা পূর্ণ করিয়া বসাইতে হয়; মে মাস হইতে সেপ্টেম্বর মাস পর্যন্ত চারা বসাইবার উপযুক্ত সময়। চারা বসাইবার প্রায় 7 বৎসর পরে পুষ্পবিন্যাস বাহির হইতে দেখা যায়।

নারিকেলের শুষ্ক শস্যে প্রায় 50-70 শতাংশ তৈল থাকে। শুষ্ক শস্য টুক্‌রা

টুক্‌রা করিয়া কাটিতে হয় এবং রৌদ্রে শুকাইয়া চাপ প্রয়োগে তৈল নিষ্কাশন করা হয়। শোধিত এবং বিশুদ্ধ তৈল পাইতে হইলে সস্তখণ্ডগুলি জলের সহিত ফুটাইতে হয়। ইহাতে নিষ্কাশিত তৈল জলের উপর ভাসিতে থাকিবে। উহা উপর হইতে ছাঁকিয়া তুলিয়া অন্যত্র রাখা হয়।

দক্ষিণ ভারতে রন্ধনকার্যে নারিকেল তৈল ব্যবহার করা হয়। ভারতের অন্যত্র ইহা কেশতৈলরূপে ব্যবহৃত হয়। কৃত্রিম মাখন, সাবান প্রভৃতি প্রসাধন সামগ্রী প্রস্তুত করিতেও নারিকেল তৈলের প্রয়োজন।

ইহা ভিন্ন নারিকেল বৃক্ষের বিভিন্ন অংশের নানারূপ ব্যবহারিক প্রয়োজনীয়তা আছে। যথা, 'অশাখ কাণ্ডের তন্তু হইতে রজ্জু প্রস্তুত করা হয় এবং খুঁটি, কড়ি প্রভৃতি প্রস্তুত হয়। পত্রগুলি বুনন করিয়া মাদুর, টুপি, ঝুড়ি প্রভৃতি তৈয়ারি করা হয়। পত্রকগুলির শিরা হইতে ঝাঁটা, পাখীর খাঁচা প্রভৃতি নির্মাণ করা হয়।

পঞ্চম অধ্যায়

শর্করা-উৎপাদনকারী উদ্ভিদ
(Sugar-producing Plants)

শর্করা মানুষের অতি প্রয়োজনীয় খাদ্যরূপে ব্যবহৃত হয়। ইহা Sugarcane বা ইক্ষু, Sugar beet বা বীট, Palmyra palm বা তালগাছ, ইত্যাদি হইতে পাওয়া যায়। ইহাদের মধ্যে ইক্ষু হইতে যে শর্করা প্রস্তুত হয় তাহা আমাদের প্রয়োজনে লাগে।

1. Sugarcane (ইক্ষু)—*Saccharum officinarum* বা ইক্ষু গাছ Fam. Gramineae বা গ্রামীন গোত্রের উদ্ভিদ। বহু প্রাচীন কাল হইতেই ভারতীয়গণ কর্তৃক ইহার ব্যবহার চলিয়া আসিতেছে। বর্তমানে গ্রীষ্মপ্রধান অঞ্চলে ইহার প্রচুর পরিমাণে চাষ হয় এবং কয়েকটি গ্রীষ্মপ্রধান দেশেও ইহার চাহিদা সর্বাধিক। সাধারণ ক্ষেত্রে ইহা জন্মাইতে দেখা যায় না এবং চাষের উপরই ইহার উৎপাদন নির্ভর করে। ভারতে সর্বাধিক ইক্ষুর চাষ হইয়া থাকে। অধিকন্তু বাংলাদেশে, আর্জেনটিনা ব্রেজিল, কিউবা, মেক্সিকো, আমেরিকার দক্ষিণাঞ্চল, অস্ট্রেলিয়া এবং দক্ষিণ আফ্রিকা প্রভৃতি স্থানেও ইক্ষুর চাষ হইয়া থাকে। ভারতবর্ষে যে পরিমাণ জমিতে ইক্ষুর চাষ হয় তাহার মধ্যে 8-10 শতাংশ জমি উৎকৃষ্ট প্রকৃতির ইক্ষু উৎপাদনের জন্য গবেষণা কার্যে নিয়োজিত। ভারতের মধ্যে উত্তর প্রদেশই হইল ইক্ষু হইতে শর্করা উৎপাদনের মূল শিল্পকেন্দ্র। এই ক্ষেত্রে পশ্চিমবঙ্গের স্থান সর্বনিম্নে অবস্থিত।

ইক্ষু বহুবর্ষজীবী বলিষ্ঠ উদ্ভিদ। ইহার কাণ্ড বাঁশের মতন দেখিতে এবং উচ্চতায় প্রায় 3-3·6 মিটার পর্যন্ত হইয়া থাকে। কাণ্ড নিরেট এবং ইহাতে প্রায় ৪০ শতাংশ রস থাকে। বিভিন্ন প্রকার ইক্ষুর রসে শর্করার পরিমাণেরও তারতম্য ঘটে। ইহার পুষ্পবিন্যাস বহু শাখান্বিত যৌগ রেসীম এবং পুষ্পগুলি উভলিঙ্গ হইলেও অঙ্গজ জননের দ্বারাই ইক্ষুর চাষ হইয়া থাকে।

সকল প্রকার মৃত্তিকাই ইক্ষু চাষের উপযোগী। নদী, ঝরণা প্রভৃতি জলাধারের পার্শ্বে অবস্থিত খনিজ পদার্থপূর্ণ লোহিত কর্দমাক্ত মৃত্তিকায় ইক্ষুর চাষ ভাল হইয়া থাকে। চাষের জন্য বৎসরে বৃষ্টিপাতের পরিমাণ প্রায় 5 মিটার এবং তাপমাত্রা প্রায় 24°-26·5° সেন্টিগ্রেড হওয়া প্রয়োজন।

পরিণত কাণ্ডের উপরের গ্রন্থি হইতে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র খণ্ড কাটিয়া মাটিতে বপন করিতে হয়। লক্ষ্য রাখিতে হইবে যে, ঐ গ্রন্থিতে যেন তিন-চারটে মুকুল থাকে। কর্তিত খণ্ডগুলি ছত্রাক এবং পতঙ্গ নিরোধক ঔষধ লেপনের পর সারজাত পদার্থ প্রয়োগে শুষ্ক করা হয়। এখন অগভীর গর্ত খনন করিয়া খণ্ডগুলিকে পুঁতিতে হয় এবং পরে ছাই, খড় ও অবশেষে মৃত্তিকার দ্বারা আচ্ছাদিত করিয়া প্রায় দুই সপ্তাহ ধরিয়া এইরূপ অবস্থায় রাখা হয়। এই সময় অতিক্রম হইলে দেখা যাইবে যে, মুকুলগুলি প্রস্ফুটিত হইয়া নূতন শাখাপ্রশাখা উৎপাদন করিতে আরম্ভ করিয়াছে। ইতিমধ্যে যে জমিতে ইহাদের রোপণ করিতে হইবে তাহা উত্তমরূপে কর্ষণ করিয়া উপযুক্ত সার দিয়া রাখা হয়। প্রস্ফুটিত শাখাগুলিকে এই সময় ঐ জমিতে রোপণ করা হয়। যে কয়েক প্রকার সার ব্যবহার করা হয় তাহাদের মধ্যে আছে গোবর সার, অস্থিচূর্ণ, খইল, পটাসিয়াম সালফেট, অ্যামোনিয়া সালফেট, সুপার ফসফেট ইত্যাদি। জমি আগাছা মুক্ত করা এবং মধ্যে মধ্যে জলসেচন করা প্রয়োজন।

চারি বৎসর অন্তর একই জমিতে ইক্ষুর চাষ করা কর্তব্য। ইক্ষুর চাষের পূর্বে ঐ জমিতে সবুজ সারের জন্য অতসী, চীনাবাদাম, প্রভৃতি Leguminosae (লিগুমিনোসী) গোত্রীয় উদ্ভিদের চাষ করা প্রয়োজন। আগস্ট মাসে ঐ সকল উদ্ভিদের পুষ্পোৎপাদনের সময়ে উহাদের বিনষ্ট করিয়া অক্টোবর হইতে ফেব্রুয়ারি মাসের মধ্যে ঐ জমিতে আলুর চাষ করিতে হয়। পর পর দুই বার ইক্ষুচাষের মধ্যবর্তী সময়ে গাজর, পেঁয়াজ, বেগুন, শশা প্রভৃতির চাষ করা যাইতে পারে।

বাংলাদেশের যে সকল স্থানে উৎকৃষ্ট ইক্ষু উৎপন্ন হয় সেই সকল স্থানে কখনও কখনও সার দিবার প্রয়োজন হয় না।

ইক্ষু গাছ রোপণ করা হইতে আরম্ভ করিয়া কাণ্ডগুলি কর্তন করা পর্যন্ত সময় লাগে দীর্ঘ আট মাস অর্থাৎ সেপ্টেম্বর হইতে এপ্রিল মাস পর্যন্ত। ইক্ষুর পুষ্পগুলি যখন সবেমাত্র ঝরিয়া পড়িতে আরম্ভ করিয়াছে তখন মৃত্তিকাতলের কিছু উপরিভাগ হইতে কাণ্ডগুলিকে কর্তন করিতে হয়। ঐ সময় ইহাদিগকে আঘাত করিলে এক প্রকার ধাতব শব্দ শুনা যায় এবং গ্রন্থির নিকট উহারা ভাঙ্গিয়া যায়। ভূমিস্থ কাণ্ডগুলি হইতে পর পর দুই বার বা তিন বার ফসল পাওয়া যায়। ঐ সকল ভূনিম্নস্থ কাণ্ডকে ratoons (রেটুন) বলে।

কাণ্ডগুলি কর্তন করিবার পর ইহাদের অনেকগুলি করিয়া একত্রে বাণ্ডিল

বাঁধিয়া ব্যবহারের উদ্দেশ্যে বাজারে অথবা শর্করা প্রস্তুত করিতে মিলে পাঠান হয়। ইক্ষুর রস হইতে গুড় প্রস্তুত হয়।

গুড় প্রস্তুত করিবার সময় ইক্ষুদণ্ডগুলিকে বলদচালিত পেষণযন্ত্রের সাহায্যে পেষণ করিয়া রস নিষ্কাশন করা হয়। যে পাত্রে রস সঞ্চিত হইতে থাকে তাহা পূর্ণ হইলেই জলে দেওয়া কর্তব্য। অধিকক্ষণ ফেলিয়া রাখিলে রসের অম্লতা বৃদ্ধি পাইবে। অম্লতা দূর করিবার জন্য স্বল্প চুনের জল মিশান যাইতে পারে। রস ফুটিতে থাকিলে উহাতে জল ছিটাইতে হয়। ইহাতে রসের গাদ বা ময়লাভাব উপরে উঠিয়া ভাসিতে থাকে। তখন ইহা ছাঁকিয়া তুলিয়া ফেলিতে হয়। যখন রস গাঢ় হইতে থাকে তখন অধিক জাল দেওয়া কর্তব্য। রস অধিক ঘন হইতে থাকিলে উহাকে নাড়িতে হয় এবং উপযুক্ত ঘন হইলে উহা গুড়ে পরিণত হয়। তখন পাত্রমধ্যস্থ গুড় অন্য পাত্রে ঢালিয়া শীতল স্থানে রাখিয়া দিলে দানাদার গুড় প্রস্তুত হয়।

2. Fan palm or Palmyra palm (**তাল**)—*Borassus flabellifer* বা তালগাছ Fam. Palmaceae বা পাম্যাসী গোত্রীয় উদ্ভিদের অন্তর্গত। ইহা ভিন্নবাসী বহুবর্ষজীবী উদ্ভিদ। ইহার কাণ্ড অনধিক 12-15 মিটার উচ্চ এবং বহু সংখ্যক multicostate divergent venation বা বহুশিরাল অপসারী শিরাযুক্ত করতলাকার খণ্ডিত পাতা কাণ্ডের উপরিভাগে মুকুটের ন্যায় সজ্জিত থাকে। পত্রবৃন্ত সুদৃঢ় এবং পত্রমূল কাণ্ডকে বেষ্টন করিয়া থাকে। কাণ্ডের উপর পাতাগুলি একান্তররূপে সাজান থাকে এবং পাতাগুলি বিচ্ছিন্ন হইলে ইহারা কাণ্ডের গাত্রে leaf scar বা পত্রক্ষত রাখিয়া যায়। পুষ্পমঞ্জরী হইল spadix (স্প্যাডিক্স) এবং পীতাভ সবুজ বর্ণের ক্ষুদ্র পুষ্পগুলি একটি বিশিষ্ট spathe (স্পেদ) দ্বারা আবৃত থাকে। ফলগুলি হইল drupe (ড্রুপ)। তালগাছের চারিটি প্রজাতি আছে তাহার মধ্যে *B. flabellifer* নামক প্রজাতিটি ভারতে এবং বাংলাদেশে দেখিতে পাওয়া যায়। ইহাদের জন্মস্থান আফ্রিকাতে হইলেও শ্রীলঙ্কা, বর্মা, মালয়েশীয়া, সমুদ্রের উপকূল অঞ্চল ও ভারতের শুষ্ক অঞ্চলেও ইহাদের জন্মাইতে দেখা যায়। ভারতের পশ্চিমবঙ্গ, বিহার, তামিলনাড়ু, এবং মহারাষ্ট্রে ইহাদের চাষ করা হয়।

তালের রস হইতে তাড়ি প্রস্তুত হয়। ইহা হইতে কিছু পরিমাণ শর্করাও উৎপাদন করা যায়। রস পাইতে হইলে প্রায় 30 বৎসরের পুরাতন পুং-এবং স্ত্রী-উদ্ভিদ নির্বাচন করা হয়। এই সময়ে অপ্রস্ফুটিত পুষ্পমঞ্জরীটির অগ্রভাগ

কাটিয়া উহাতে চুন লেপন করা আবশ্যক। কিছুদিন পরে ঐ স্থান পুনরায় চাঁচিয়া ফেলিলে উহা হইতে রস নির্গত হইতে থাকে। তখন একটি পাত্র ঐ স্থানে ঝুলাইয়া দিলে উহাতে রস সংগৃহীত হয়। মনে রাখিতে হইবে যে, তিন বৎসর পর পর রস সংগ্রহের পর চতুর্থ বৎসরে উদ্ভিদদিগকে বিশ্রাম দেওয়া প্রয়োজন।

এইরূপে নূতন সংগৃহীত রসে প্রায় 12-14 শতাংশ শর্করা থাকে। ইহা স্বচ্ছ এবং ইহাতে একপ্রকার বিশিষ্ট গন্ধ আছে। ইহা ভাইটামিন বি-এর একটি মূল্যবান উৎস। রস সংগ্রহের পর শীঘ্রই ইহা জারিত হইয়া কোহলে পরিণত হয় এবং 6-8 ঘন্টার মধ্যেই ইহা প্রায় তিন শতাংশ কোহল উৎপন্ন করে।

তালের গুড় প্রস্তুত করিবার সময় রসকে ছাঁকিয়া ফুটাইতে হয়। ইহাতে রস ঘন হয়। ফুটাইবার সময় রসের উপরিভাগে স্বল্প পরিমাণ বিশুদ্ধ নারিকেল তৈল মিশান প্রয়োজন। ইহাতে রসের উপরিভাগে রস পড়ে না। প্রায় দুই ঘণ্টা ফুটাইবার পর উনানের তাপমাত্রা হ্রাস করিয়া ঘন রসকে উত্তমরূপে নাড়িয়া জ্বাল দিতে হয়। রসটি উপযুক্ত ঘন হইলে একটি কাষ্ঠনির্মিত ছাঁচে ঢালিতে হয়। 15-20 মিনিটের মধ্যে গুড় জমিয়া পাটালি প্রস্তুত হয়।

তালের মিছরি প্রস্তুত করিবার সময় রসকে পূর্বেকার ন্যায় ফুটাইতে হয় কিন্তু অধিক ঘন করিবার প্রয়োজন হয় না। এইবার ইহাকে একটি বদ্ধ পাত্রে রাখিয়া কয়েক মাস ধরিয়া মাটির নিচে পুঁতিয়া রাখা হয়। এইরূপে পাত্রের মধ্যে মিছরির কেলাস সঞ্চিত হয়।

তালের রস হইতে মিছরি এবং গুড় উৎপাদন ব্যতীত তালপাতা হইতে হাতপাখা প্রস্তুত হয় এবং উহাতে একপ্রকার শক্ত তন্তু আছে যাহা হইতে দড়ি প্রস্তুত হয়।

3. Date Palm
(খেজুর)

Phoenix sylvestriis বা খেজুর গাছ Fam. Palmaceae বা পাম্যাসী গোত্রের উদ্ভিদের অন্তর্গত। ইহা ভিন্নবাসী বহুবর্ষজীবী উদ্ভিদ। প্রধান কাণ্ড দৃঢ়, সাধারণত অশাখ ও খাড়াভাবে দণ্ডায়মান। ইহার উপরিভাগে অবস্থিত

পাতাগুলি মুকুটের ন্যায় সাজান থাকে। পাতাগুলি সুদৃঢ়, পক্ষল ও একান্তর রূপে সজ্জিত এবং পত্রকের অগ্রভাগ কন্টকবৎ। কাণ্ডে বহুসংখ্যক স্থায়ী পত্র-বৃন্তের নিম্নাংশ দেখা যায়। পুষ্পমঞ্জরি বহু শাখান্বিত যৌগ রেসীম এবং ইহা স্পেদ দ্বারা আবৃত।

ভারতবর্ষের এবং বাংলাদেশের প্রায় সর্বত্রই খেজুর গাছ দেখিতে পাওয়া যায়। এই সকল দেশের গাছ হইতে সর্বাপেক্ষা অধিক মাত্রায় রস পাওয়া যায় এবং তাহা হইতে পাতলা ও দানাঁদার গুড় ও পাটালি প্রস্তুত করা হয়। ইহার মধ্যে নলেন গুড় নামক এক প্রকার সুগন্ধ পাতলা গুড় উল্লেখযোগ্য।

বর্ষাকালে ইহার বীজ বপন করা হয়। সুপক্ব বীজ হইতে চারা উৎপাদন করিয়া ঐ চারা পুনরায় রোপণ করিতে হয়। পশ্চিমবঙ্গ ও বাংলাদেশে যেখানে সেখানে বীজ পড়িয়া উহা অযত্নে অঙ্কুরিত হইয়া নূতন গছে জন্মায়। খেজুর গাছ রোপণ করিবার পর প্রতি বৎসর গাছের গোড়ায় পাঁক মাটি প্রয়োগ করা প্রয়োজন। এই সময় গাছের গোড়ার চতুর্দিকে খুঁড়িয়া এইরূপ অবস্থায় কিছুদিন ফেলিয়া রাখা হয়। ইহাতে গাছ সতেজ থাকে এবং বৃদ্ধি দ্রুততর হয়। সাত-আট বৎসরের মধ্যেই গাছে ফল পাওয়া যায়। ইহার ফল খাইতে মিষ্ট ও সুস্বাদু। ভারতীয় খেজুরের স্বল্প শাঁস থাকে এবং বীজ বড় হয় কিন্তু আরব দেশে এক প্রকার খেজুরের প্রজাতি পাওয়া যায় যাহার বীজ অতি ক্ষুদ্র কিন্তু শাঁসের পরিমাণ অধিক।

সাধারণত খেজুর গাছ তিন-চারি বৎসরের হইলেই তাহা হইতে রস সংগ্রহ করা যাইতে পারে। শীতের প্রারম্ভে অক্টোবর হইতে আরম্ভ করিয়া ডিসেম্বর অথবা জানুয়ারি পর্যন্ত রস সংগ্রহ করা চলে। প্রতি বৎসরই পত্রগুচ্ছের কিছু নিম্নে প্রায় 35 সেন্টিমিটার স্থান চাঁছিয়া ফেলিতে হয়। কিছুদিন বিরতির পর ঐ স্থানের অর্ধাংশ আরও গভীরভাবে চাঁছিতে হয়। ইহাতে ঐ স্থান হইতে রস নির্গত হইতে থাকে। ইহার পর প্রায় সতের সেন্টিমিটার দীর্ঘ একটি সরু নল বা একখণ্ড কঞ্চি লইয়া একদিক সরু করিয়া চাঁছিয়া সরু প্রান্তটি ঐ স্থানে প্রবেশ করান হয়। এখন ঐ নলের বা কঞ্চির নিম্নে একটি পাত্র ঝুলাইয়া রাখিলে উহাতে রস সঞ্চিত হয়। তিন-চারি দিন ধরিয়া এইরূপ প্রক্রিয়ায় রস সংগ্রহ করিয়া চার-পাঁচ দিন বিরতির পর পুনরায় ক্ষত স্থানটি চাঁছা হয়। ইহাতে উৎকৃষ্ট রস পাওয়া যায়। প্রাতঃকালেই গাছ হইতে রস নামাইয়া গুড় প্রস্তুত করা কর্তব্য নচেৎ বিলম্ব হইলে উহা জারিত হইয়া তাড়িতে পরিণত হয়। যে পাত্রে রস সংগ্রহ করা হয় তাহা উত্তমরূপে পরিষ্কার করিয়া ভিতরে

চুনের প্রলেপ দেওয়া হয়। গাছের কর্তিত অংশটিও উত্তমরূপে পরিষ্কার করিয়া তবে রস সংগ্রহ করিবার পাত্র ঝুলান প্রয়োজন। রস জাল দিবার সময় তেঁতুল-গোলা জল বা ফটকিরি মিশাইলে অতি উজ্জ্বলবর্ণের গুড় পাওয়া যায়। ইক্ষুর গুড় যে প্রক্রিয়ায় প্রস্তুত করা হয় সেই প্রক্রিয়াতেই খেজুর রস জাল দিয়া গুড় প্রস্তুত করা হয়।

ষষ্ঠ অধ্যায়

তন্তু-উৎপাদনকারী উদ্ভিদ
(Fibre-producing Plants)

সাধারণত বিভিন্ন উদ্ভিদ হইতে আমাদের নিত্যব্যবহার-উপযোগী উপাদান স্বরূপ তন্তু পাইয়া থাকি। প্রয়োজনের মান অনুসারে খাদ্যের পর ইহার স্থান দ্বিতীয়। এই সকল উদ্ভিদের মধ্যে তুলা, হেম্প, ফ্ল্যাক্স প্রভৃতি আমাদের দৈনন্দিন জীবনযাত্রা পথের সহায়ক। তন্তু হইতে বস্ত্র, বয়নজাত সামগ্রী, টুপি, আসন প্রভৃতি প্রস্তুত হয়। এমনকি কাগজশিল্পেও ইহার ব্যবহার দেখিতে পাওয়া যায়। সাধারণত উদ্ভিদের বিভিন্ন তন্তুজ কলা, পাতা, বীজের রোম প্রভৃতি হইতে তন্তু উৎপন্ন হয়। পাট, মেস্তা, ফ্লাক্স প্রভৃতি উদ্ভিদের ক্ষেত্রে কাণ্ডের ফ্লোয়েম কলা ও তৎসংলগ্ন তন্তুজ কলা হইতে তন্তু পাওয়া যায়। কার্পাস, শিমূল প্রভৃতি গাছের বীজত্বকের উপর যে রোম দেখা যায় তাহা হইতেই তুলা পাওয়া যায়। আনারস, অ্যালো প্রভৃতির পাতার ভ্যাস্কুলার বাণ্ডিলে ঘন লিগনিনযুক্ত সক্লেরেন্‌কাইমা কলা থাকে যাহা ক্রমে তন্তুতে পরিণত হয়।

1. **Karpas Cotton**
(কার্পাস তুলা)

কার্পাস তুলা শিল্পজগতের একটি শ্রেষ্ঠ অবদান। ইহা *Gossypium* (গসিপিয়ম) নামক গণের অন্তর্গত বিভিন্ন প্রজাতির বীজ হইতে উৎপন্ন হয়।

প্রাচীনকালে যখন অন্যান্য দেশে সভ্যতার আলোকমাত্র প্রবেশ করে নাই তাহারও বহু পূর্বে ভারতে কার্পাস শিল্পের প্রচলন ছিল। ভারতেই যে ইহার আদি জন্মস্থান সেই সম্বন্ধে এখনও নিশ্চিত করিয়া কিছু বলা যায় না। প্রবাদ আছে যে, আলেকজাণ্ডারের সাথে যে সকল গ্রীকদেশীয় ব্যক্তি ভারতে প্রবেশ করিয়াছিলেন তাঁহাদের মাধ্যমেই ইউরোপের অধিবাসিগণ কর্তৃক তুলা গাছ সম্পর্কে প্রাথমিক অভিজ্ঞতা জন্মায়। কিন্তু ইহা নিঃসংশয়ে বলা যায় যে,

ভারতবর্ষ হইতেই কার্পাস তুলার চাষ ও বস্ত্রশিল্পের প্রচলন আরম্ভ হয়। অধুনা আমেরিকা, জাপান, মিশর, ইংলণ্ড প্রভৃতি দেশ ইহার চাষ ও শিল্পে ভারত অপেক্ষা অধিকতর উন্নত।

কার্পাস তুলার গাছ বহুবর্ষজীবী গুল্ম বা বৃক্ষ। ইহার উচ্চতা প্রায় তিন চার মিটার পর্যন্ত হইয়া থাকে। পাতাগুলি একান্তর, করতলাকার খণ্ডিত; পুষ্পগুলি বৃহৎ ও দেখিতে মনোরম এবং ফলগুলি বিদারী ক্যাপসিউল, বীজত্বকের কতকগুলি ত্বককোষ উদ্গত হইয়া সূক্ষ্ম রোমের সৃষ্টি করে যাহা তুলা নামে পরিচিত। কার্পাস তুলার বিভিন্ন varieties বা প্রকারে রোমের দৈর্ঘ্য ও অন্যান্য গুণাবলীর তারতম্য পরিলক্ষিত হয়। পরিণত তন্তুগুলি কিয়ৎ চেপ্টা, এবং পাকান। এইরূপ স্বাভাবিক পাকের উপর তুলার মান নির্ভর করে। অধিকন্তু তন্তুর দৈর্ঘ্য, সূক্ষ্মতা, দৃঢ়তা উৎকৃষ্ট মানের তন্তুর পরিচায়ক।

ভারত, বাংলাদেশ, পাকিস্তান, বর্মা, চীন, জাপান, ইরান, সুদান, আরব প্রজাতন্ত্রী দেশগুলি, আমেরিকা, রাশিয়া, ব্রেজিল প্রভৃতি দেশে প্রচুর পরিমাণে কার্পাস তুলার চাষ হইয়া থাকে।

কার্পাস গাছের বিভিন্ন প্রজাতি আছে এবং ইহাদেরও আবার কয়েকটি varieties বা প্রকার দেখা যায়। ভারত ও বাংলাদেশে অবস্থিত প্রজাতিগুলির বিষয় সংক্ষেপে নিম্নে বর্ণিত হইল। যথা—

(*a*) Burhi cottou (বুড়ী কার্পাস)—ইহা *Gossypium arboreum* (গসিপিয়ম আরবরিয়ম) নামক প্রজাতি হইতে উৎপন্ন হয়। ইহা গুল্ম শ্রেণীর কার্পাস। বাংলাদেশের ঢাকা জেলায় ইহা যথেষ্ট পরিমাণে জন্মায়।

(*b*) Nausari cotton (নউসারি কার্পাস)—ইহা *G. herlaceum* (গ. হারবেসিয়ম) নামক একটি ভারতীয় প্রজাতি। ইহা ভারতের পশ্চিম অঞ্চলে জন্মায়।

(*c*) Egyptian cotton (মিশরদেশীয় কার্পাস)—এই প্রকার কার্পাস *G. barbadense*) (গ. বারবাডেন্স) নামক প্রজাতির একটি variety বা প্রকার এবং ইহা পাকিস্তানের অন্তর্গত সিন্ধু প্রদেশে চাষ করা হয়।

(*d*) Dharwar cotton (ধারওয়ার কার্পাস)—ইহা *G. burbadense* (গ. বারবাডেন্স) নামক প্রজাতি হইতে উৎপন্ন হয়। ইহার তন্তু অতি সূক্ষ্ম এবং বোম্বাই প্রদেশে ইহার চাষ হয়।

(*e*) 'Bani cotton (বাণী কার্পাস)— ইহা *G. indicum* (গ. ইণ্ডিকাম)

নামক প্রজাতি হইতে উৎপন্ন হয়। ইহার তন্তুও অতি সূক্ষ্ম এবং ইহা মধ্যপ্রদেশে চাষ হয়।

(*f*) Dacca cotton (ঢাকা কার্পাস)—ইহা বার্ষিক কার্পাস। বাংলাদেশের ঢাকা জেলা, যাহা পূর্বে অবিভক্ত বাংলার অন্তর্গত ছিল, ইহার আদি জন্মস্থান এবং ঐ স্থানেই ইহার চাষ প্রচলন ছিল। ইহার সূতা হইতেই বিখ্যাত ঢাকাই মসলিন প্রস্তুত হইত।

(*g*) Upland cotton (উচ্চভূমিতে অবস্থিত কার্পাস)—এই প্রকার কার্পাস *G. hirsutum* (গ. হিরসুটাম) নামক প্রজাতির অন্তর্গত। ইহা প্রধানত উত্তরপ্রদেশে এবং বিহারে চাষ করা হয়।

(*h*) Comilla cotton (কুমিল্লা কার্পাস)—ইহা *G. cernuum* (গ. সারনুয়াম) নামক প্রজাতিতে পাওয়া যায়। ইহার তন্তু ক্ষুদ্রাকার হইয়া থাকে।

(*i*) Sea island cotton (সি আইল্যাণ্ড কার্পাস)—ইহা মার্কিন দেশীয় কার্পাস। মিশরদেশীয় তুলার ন্যায় ইহার তুলাও উৎকৃষ্ট প্রকৃতির। এখন ভারতে কৃতকার্যের সহিত ইহার চাষ হইতেছে।

শুষ্ক অঞ্চলেই কার্পাস তুলার চাষ হয়। Black soil বা কৃষ্ণ মৃত্তিকা নামক এক প্রকার কর্দমাক্ত মৃত্তিকা ইহার চাষের পক্ষে অত্যন্ত উপযোগী। এই প্রকার মৃত্তিকায় সহজেই বায়ু চলাচল ও জল প্রবেশ করিতে পারে। সিন্ধু ও গঙ্গা নদীর প্রান্তে পলিমাটিযুক্ত সমতল ভূমিতেও ইহার চাষ ভাল হয়।

পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে, নাইট্রোজেন, পটাশ ও ফসফরিক অ্যাসিডের উপযুক্ত মিশ্রণের সার জমিতে প্রয়োগ করিলে গাছগুলি সুস্থ ও বলিষ্ঠ হয়। এই প্রকার সার 7·5 সেন্টিমিটার গভীরতায় মৃত্তিকার সহিত মিশ্রিত করা প্রয়োজন।

বর্ষার প্রারম্ভেই বীজ বপন করিতে হয়। বপন করিবার পূর্বে গ্রীষ্মকালে জমি কয়েকবার কর্ষণ করা প্রয়োজন। মে মাসে জমিতে সার দেওয়া হয় এবং জুন মাসে বীজগুলি একর প্রতি 4·5—7·5 কিলোগ্রাম করিয়া প্রায় 50 সেন্টিমিটার কম ব্যবধানে বপন করিতে হয়। কৃষ্ণ মৃত্তিকায় বৃষ্টিপাতের ফলে বীজগুলি বিনষ্ট হইতে পারে ; সেইজন্য সুষ্ঠ অঙ্কুরোদ্গমের জন্য পর পর যথাক্রমে দুইবার কিংবা তিনবার বীজ বপণ করা প্রয়োজন। বীজগুলি অঙ্কুরিত হইলে জমি আগাছা-মুক্ত করা কর্তব্য। চারাগাছগুলি প্রায় দশ সেন্টিমিটার বৃদ্ধি পাইলে দুর্বল চারাগুলিকে অপসারণ করিয়া সেপ্টেম্বর অথবা অক্টোবর মাসে

দুইটি সারির মধ্যবর্তী মৃত্তিকা পুনরায় কর্ষণ করিতে হয়। এইরূপ করিলে কৃষ্ণ মৃত্তিকার ক্ষেত্রে কখনও অসময়ে ফাটল জন্মায় না এবং ইহার জল ধারণ করিয়া রাখিবার ক্ষমতা বৃদ্ধি পায়। অক্টোবর অথবা নভেম্বর মাস হইতেই বলিষ্ঠ গাছগুলিতে নূতন পুষ্প প্রস্ফুটিত হইতে আরম্ভ করে। জানুয়ারি হইতে এপ্রিল এই চারি মাস ধরিয়া চারবার অথবা পাঁচবার ফলগুলি সংগ্রহ করিতে হয়। ফলগুলিকে Bolls (বোল) বলে। দ্বিতীয় এবং তৃতীয় বারের সংগৃহীত বোল হইতে পরবর্তী ঋতুর চাষে উত্তম বীজ পাওয়া যায়। ইহার পরেও বহু দেশে বোল সংগ্রহ করিতে দেখা যায়। উৎকৃষ্ট কার্পাস তুলা পাইতে হইলে নিম্নলিখিত নিয়মগুলির উপর দৃষ্টি রাখা কর্তব্য। যথা—

(*i*) গাছগুলি যেন বলিষ্ঠ হয় এবং সুষ্ঠুভাবে বৃদ্ধি পায় ও ইহারা যেন রোগ-প্রতিরোধক ক্ষমতা অর্জন করে ;

(*ii*) বীজ প্রতি তন্তুর শতকরা পরিমাণ এবং একর প্রতি বীজ উৎপাদনের পরিমাণ ;

(*iii*) তন্তুর দৈর্ঘ্য, সূক্ষ্মতা, ঔজ্জ্বল্য এবং বর্ণ।

আমেরিকার তুলনায় ভারতে স্বল্প পরিমাণ কার্পাস জন্মায়। দেখা গিয়াছে যে, আমেরিকায় যে পরিমাণ কার্পাস উৎপন্ন হয় তাহা ভারতের তুলনায় তিন গুণ অধিক।

কার্পাস তুলা হইতে বিভিন্ন প্রকার সূতি বস্ত্র প্রস্তুত হয়। মোটর গাড়ীর টায়ার উৎপাদনেও ইহার প্রয়োজন হয় এবং ইহাতে কেবলমাত্র সেলুলোজ থাকে বলিয়া বিভিন্ন সেলুলোজ শিল্পে কাঁচামাল হিসাবে ইহার ব্যবহার হয়। বালিশের খোল এবং গদির কাপড়ে কার্পাস তুলা ভরিয়া বালিশ ও গদি প্রস্তুত করা হয়। কার্পাস গাছের মূল ও বৃন্ত কাগজ ও ঔষধ প্রস্তুত করিতে প্রয়োজন হয়। কার্পাসের বীজ হইতে এক প্রকার তৈল পাওয়া যায় যাহা খনিজ রৌপ্যের যৌগ হইতে ধাতব রৌপ্য উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়। ইহা রন্ধনকার্যে এবং সাবান প্রস্তুত করিতেও ব্যবহার করা যায়। তৈল নিষ্কাশনের পর যে খইল পাওয়া যায় তাহাতে প্রায় পাঁচ শতাংশ নাইট্রোজেন থাকে এবং ইহা সার হিসাবে ও গৃহপালিত পশুর খাদ্য হিসাবে ব্যবহৃত হয়। বীজগুলি পেষণ না করিলে ইহাতে gossypol (গোসিপল) নামক এক প্রকার বিষাক্ত পদার্থ থাকে কিন্তু পেষণ করিলে পর ইহা বীজের প্রোটিনের সংস্পর্শে আসিয়া বিষমুক্ত হয় এবং কোনো প্রকার ক্ষতি করিতে পারে না।

2. Jute

(পাট)

বয়ন তন্তুর মধ্যে পাট অন্যতম, কারণ ইহা দামে সস্তা। ইহা Fam. Tiliaceae (টিলিয়াসী গোত্রীয়) উদ্ভিদের *Corchorus* (কর্কোরাস) গণভুক্ত। পাট বহু প্রকারের আছে। উহা সাধারণত দুই শ্রেণীতে ভাগ করা যাইতে পারে। যথা—*Corchorus capsulars* বা তেতো পাট এবং *Corchorus olitorius* বা মিঠা পাট। মিঠা পাটের চাষ উচ্চ বা ডাঙ্গা জমিতে এবং তেতো পাটের চাষ নিম্ন বা জলা জমিতে হইয়া থাকে। মিঠা পাটের ফল লম্বাকৃতি এবং বীজ সবুজ বর্ণের ও তেতো পাটের ফল গোলাকার ও বীজ প্রায় লোহিত বর্ণের হয়। মিঠা পাট অপেক্ষা তোতা পাটের তন্তুগুলি অপেক্ষাকৃত শক্ত। সমগ্র পৃথিবীর মধ্যে অবিভক্ত বঙ্গদেশেই সর্বাধিক পাট উৎপন্ন হইত কিন্তু বর্তমানে বাংলাদেশেই সর্বাধিক পাট চাষ হইয়া থাকে। ইহা ব্যতীত নেপাল, চীন, জাপান, ভিয়েৎনাম, রাশিয়া, মেক্সিকো, ব্রেজিল প্রভৃতি স্থানেও পাটের চাষ হয়।

প্রায় 79 শতাব্দীতে মিশরে সর্বপ্রথম টবে পাট গাছ উৎপন্ন করা হইত, এইরূপ বিবরণ পাওয়া গিয়াছে। Jarrat (জ্যারাট) নামক একজন বিশেষজ্ঞের মতে পূর্বে দরিদ্র ব্যক্তিগণ যে কাপড় পরিধান করিত তাহা পাট হইতে প্রস্তুত করা হইত। Hamilton (হ্যামিলটন) নামক অপর এক বিশেষজ্ঞ বলিয়াছেন যে, ঊনবিংশ শতাব্দীর প্রারম্ভে বঙ্গদেশের দিনাজপুর জেলায় প্রথম ভারতীয় পাট চাষের সূত্রপাত হয়। ভারতীয় পাট চাষের মধ্যে পশ্চিমবঙ্গের প্রায় সর্বত্রই, বিহারের পূর্ণিয়া জেলায়, উড়িষ্যার কটক জেলায় এবং আসামের নওগা, গোয়ালপাড়া এবং দারাং জেলায় বর্তমানে পাটের চাষ করা হয়। ইহা ব্যতীত ত্রিবাঙ্কুর, ত্রিপুরা, মণিপুর প্রভৃতি অঞ্চলে পাট চাষে সুফল পাওয়া গিয়াছে। এই চাষের প্রসারের জন্য বর্তমানে বিশেষজ্ঞগণ যথেষ্ট চেষ্টা করিতেছেন।

পাট গাছ বর্ষজীবী উদ্ভিদ এবং উচ্চতায় 1·5 মিটার হইতে 4·5 মিটার পর্যন্ত হয়। কাণ্ড সূক্ষ্ম, একান্তর পত্রবিন্যাসক ; পুষ্পগুলি ক্ষুদ্র, পীতবর্ণের এবং ফলগুলি ক্যাপসিউল।

পাট গাছ বর্ষাকালের উদ্ভিদ। মার্চ হইতে মে মাসের মধ্যে মাঝারি পরিমাণ বৃষ্টিপাত এবং 16°—28° সেন্টিগ্রেড আর্দ্র উষ্ণতায় উদ্ভিদগুলির সুষ্ঠু বৃদ্ধি হইয়া থাকে। সর্বপ্রকার মৃত্তিকাতেই পাট জন্মায়। অবশ্য উহা অতিমাত্রায় কর্দমাক্ত অথবা বালুকাময় হওয়া বাঞ্ছনীয় নয়।

বীজ বপনের পূর্বে ফেব্রুয়ারি মাসের শেষভাগে অথবা মার্চের প্রথমে জমিকে পাঁচ-ছয় বার কর্ষণ এবং তাহার পর আড়াআড়িভাবে কর্ষণ করা প্রয়োজন এবং প্রতি কর্ষণের পর মৃত্তিকাকে উত্তমরূপে মই দিতে হয়। গোবর, কচুরিপানা প্রভৃতি সার হিসাবে ব্যবহার করা হয়। অধুনা ammonium sulphate (অ্যামোনিয়াম সালফেট) মৃত্তিকাতে মিশ্রিত করা হয়।

ফেব্রুয়ারি হইতে জুন মাস পর্যন্ত প্রতি একর জমিতে 3-4·5 কিলোগ্রাম বীজ বপন করিতে হয়। নিম্নভূমিতে মার্চ মাসের মধ্যেই বীজ বপন করা প্রয়োজন। বীজ বপনের পর জমি কর্ষণ করা উচিত নয় কিন্তু বীজগুলি আবৃত করিবার জন্যই মই দেওয়া প্রয়োজন। জমিতে উপযুক্ত জল থাকিলে তিন-চার দিনের মধ্যেই বীজগুলি অঙ্কুরিত হয়। চারা গাছগুলি প্রায় 23 সেন্টিমিটার দীর্ঘ হইলে প্রতি পনর দিন অন্তর দুই বার অথবা তিন বার দুর্বল চারাগুলিকে তুলিয়া জমিকে আল্‌গা করা প্রয়োজন। উদ্ভিদগুলি প্রায় 30 সেন্টিমিটার দীর্ঘ হইলে আগাছা তুলিয়া জমিকে পুনরায় আল্‌গা করিতে হইবে।

একই জমিতে প্রতি বৎসর পাট গাছের চাষ করা যায় অথবা আলু অথবা দাইল চাষের পরে পাটের চাষ করা যাইতে পারে।

পাট গাছের ফুল হইতে ফল ধরিবার কিছু পরে উদ্ভিদগুলি কাটিয়া ফেলা প্রয়োজন। ইহাতে উপযুক্ত তন্তু পাওয়া যায়। পরিণত গাছগুলি কাটিলে অধিক পরিমাণে তন্তু পাওয়া যায় বটে কিন্তু তন্তুগুলি নিকৃষ্ট শ্রেণীর হয়। *C. caspularis* (কর্কোরাস ক্যাপসুলারিস) জুন হইতে সেপ্টেম্বরের মধ্যে কাটা হয় কিন্তু *C. olitorius* (কার্কোরাস অলিটোরিয়াস) আগস্ট হইতে সেপ্টেম্বরের মধ্যে কাটিতে হয়।

উৎকৃষ্ট প্রকৃতির তন্তু পাইতে হইলে পাট গাছের চারা যখন ছত্রিশ-চল্লিশ দিনের মতন হয় তখন প্রতি পনর দিন অন্তর সকালবেলা একর প্রতি জমিতে 250 লিটার জলে 5 কিলোগ্রাম ইউরিয়া দ্রবীভূত করিয়া পাতায় স্প্রে করা প্রয়োজন।

উচ্চ জমিতে যে সকল পাট গাছ জন্মায় তাহাদের কাটিবার পর পাতাগুলি যাহাতে ঝরিয়া যায় সেই জন্য কিছুদিনের জন্য ইহাদের জমিতে ফেলিয়া রাখা হয় এবং পরে বাণ্ডিল করিয়া বাঁধা হয়। কোনো কোনো ক্ষেত্রে গাছ কাটিবামাত্র বাণ্ডিল বাঁধা হয়। কিন্তু নিম্নভূমিতে উৎপন্ন কর্তিত উদ্ভিদের পাতাগুলি দুই-তিন দিন পরে ঝরিয়া যাইলে পর উহাদের তৎক্ষণাৎ জলে ভিজাইবার জন্য অপসারণ করা হয়।

উদ্ভিদগুলিকে fermenting (জাগ দিবার জন্য) এবং তন্তুগুলিকে কাষ্ঠল অংশ হইতে পৃথক করিবার জন্য সম্পূর্ণরূপে ডুবাইয়া উহাদিগকে ভিজাইতে হয়। এইরূপ প্রক্রিয়াকে retting (রেটিং) বা steeping (ষ্টিপিং) বলে। ইহার দ্বারা গঁদ, pectin (পেকটিন) এবং অন্যান্য মিউসিলেজ সম্পন্ন পদার্থ দূরীভূত হয় এবং তন্তুগুলিকে আল্‌গা করিয়া দেয়। সম্পূর্ণ প্রক্রিয়াটি সবসমেত আট-দশ দিনের মধ্যে সংঘটিত হয় কিন্তু কোনো কোনো ক্ষেত্রে এই প্রক্রিয়া ঘটিতে মাসাবধিও লাগিতে পারে। বাণ্ডিলগুলিকে স্তরে স্তরে সাজাইয়া উপরে আগাছা দ্বারা আবৃত করিয়া জলে ডুবাইয়া রাখিতে হয়। মনে রাখিতে হইবে যে, স্তরগুলি যেন পরস্পর আড়াআড়িভাবে সাজান থাকে।

জলে ভিজানোর দুই-তিন দিনের মধ্যে পাটের কাণ্ডগুলিকে বংশদণ্ডের দ্বারা আঘাত করিতে হয়। ইহাতে তন্তুগুলি আল্‌গা হইয়া যায়। অবশেষে জলের মধ্যে তন্তুগুলিকে বাহির করিতে হয় এবং পরে পরিষ্কার করা হইয়া থাকে।

বিশুদ্ধ জলে তন্তুগুলিকে ধুইয়া দুই হইতে চার দিন ধরিয়া শুকাইতে হয় এবং বাণ্ডিল বাঁধিয়া বাজারে বিক্রয়ের জন্য প্রস্তুত করিতে হয়। তন্তুর বৈশিষ্ট্য নির্ভর করে উহার বর্ণ, ঔজ্জ্বল্য, দৈর্ঘ্য, সূক্ষ্মতা, দৃঢ়তা এবং পিচ্ছিলতার প্রকৃতির উপর।

উপযুক্ত বৈশিষ্ট্যসম্পন্ন পাট পাইবার জন্য বর্তমানে, আমাদের দেশে গবেষণা-প্রতিষ্ঠান গড়িয়া উঠিয়াছে এবং যথোপযুক্ত কাজও হইতেছে।

———

সপ্তম অধ্যায়

উদ্দীপক পদার্থ-উৎপাদনকারী উদ্ভিদ

(Beverage-producing Plant)

পৃথিবীর প্রতি সভ্য দেশের জনগণ নিজ নিজ উদ্দীপক পদার্থ-প্রদানকারী উদ্ভিদ উৎপাদন করেন। ইহাদের মধ্যে চা সর্বোৎকৃষ্ট; কারণ পৃথিবীর জনসংখ্যার প্রায় অর্ধেকেই ইহার ব্যবহার করেন। বহু পূর্বকালে চীনদেশে ইহার প্রচলন ছিল এবং তাঁহারাই প্রথমে ইহাকে tea (টী) নামে আখ্যায়িত করেন। ক্রমে ষোড়শ শতাব্দীতে ইহা ইউরোপে এবং তথা আমেরিকার যুক্তরাষ্ট্র, অস্ট্রেলিয়া, রাশিয়া ও কানাডায় বিস্তার লাভ করে। প্রয়োজনীয়তার মান অনুযায়ী চা-এর পরে কফির স্থান। ইহা ব্যতীত আরও বহু প্রকারের উদ্দীপক পদার্থের গাছ আছে এবং উহাদের প্রত্যেকেরই caffeine (ক্যাফিন)। নামক এক প্রকার alkaloid বা উপক্ষার থাকে যাহা স্নায়ু এবং মস্তিষ্ককে উদ্দীপিত করে।

1. Tea
(চা)

Fam. Cameliaceae বা ক্যামেলিয়াসী গোত্রীয় *Camelia thea* (ক্যামেলিয়া থিয়া) নামক উদ্ভিদের পাতা হইতে চা প্রস্তুত করা হয়। চতুর্থ খ্রীষ্টাব্দে সর্বপ্রথম চীনারা চা পান করিতে আরম্ভ করে। 1662 খ্রীষ্টাব্দে Albert de Mandelslo (এলবার্ট ডি ম্যানডেলস্লো) নামক একজন বিশিষ্ট ব্যক্তি বলেন যে, সম্ভবত ইংরাজদের পূর্বে ভারতীয়রা চা পান অভ্যাস করে। ওলন্দাজ ইস্ট ইণ্ডিয়া কোম্পানি প্রথমে ইহা হল্যাণ্ডে লইয়া যায় এবং তথা হইতে ইংলণ্ডে প্রেরিত হয়।

কেহ কেহ মনে করেন যে, চা-গাছ আসাম এবং সন্নিকটবর্তী অঞ্চলের স্থানীয় উদ্ভিদ; আবার কাহারও মতে দক্ষিণ ইউনান এবং উত্তর ইন্দোচীনেই ইহার প্রাকৃতিক জন্মভূমি। বর্তমানে গ্রীষ্মমণ্ডল এবং নাতিশীতোষ্ণ-মণ্ডলের বিস্তীর্ণ অঞ্চলে চায়ের চাষ হইয়া থাকে। এশিয়া মহাদেশের মধ্যে

প্রধানত ভারতবর্ষ, বাংলাদেশের উত্তরাঞ্চল, জাপান, চীন, সিংহল, ইন্দোনেশীয়া এবং ফরমোসা প্রভৃতি স্থানে চায়ের চাষ হইয়া থাকে। আবার ভারতবর্ষের মধ্যে পশ্চিমবঙ্গে দার্জিলিং এবং জলপাইগুড়ি জেলায় পার্বত্য অঞ্চলসমূহে, আসামের ব্রহ্মপুত্র এবং সুরমা উপত্যকাসমূহে, দক্ষিণ মালাবারের নীলগিরি পর্বতমালার এবং পশ্চিমঘাট পর্বতের পার্বত্য অঞ্চলসমূহে ও ত্রিপুরায় চায়ের চাষ হয়।

উন্মুক্ত স্থানে অথবা 2,100—3,400 মি. উচ্চ পর্বতগাত্রে ক্যালসিয়ামযুক্ত অ্যাসিডমৃত্তিকায় চা-গাছ রোপণ করা হয়। বাৎসরিক বৃষ্টিপাতের পরিমাণ 230—500 সেন্টিমিটার এবং উষ্ণতা 20°—30° সেন্টিগ্রেড হওয়া দরকার। মৃত্তিকার জল নিষ্কাশন-ব্যবস্থা থাকা অবশ্যই প্রয়োজন। সম্পূর্ণ উন্মুক্ত স্থান অপেক্ষা ঈষৎ ছায়াযুক্ত স্থানে উদ্ভিদগুলির বৃদ্ধি ভাল হয়।

যদিও সাধারণত বীজ হইতে গাছ উৎপন্ন হয় তথাপি কাণ্ডের কলম করিয়াও চারা উৎপন্ন করা যায়। মার্চ অথবা এপ্রিল মাসে উত্তমরূপে প্রস্তুত বীজতলায় 10—30 সেন্টিমিটার ব্যবধানে বীজ বপন করিতে হয়। ছয় মাস পরে চারাগাছ-গুলিকে উত্তমরূপে কর্ষিত নাইট্রেট এবং পটাশ মিশ্রিত সার-দেওয়া জমিতে রোপণ করা হয়। এই সময়ে চারাগাছগুলিকে 1·5 মিটার ব্যবধানে square planting method বা বর্গরোপণ প্রণালী অথবা 1·5 মিটার ব্যবধান triangular planting method বা ত্রিভুজাকৃতি রোপণ প্রণালীতে রোপণ করা হয়। নূতন পাতার flushes (ঝোপ) সৃষ্টি করিবার জন্য বর্ধনশীল উদ্ভিদটিকে বারংবার ছাঁটিবার প্রয়োজন।

রোপণের তৃতীয় অথবা চতুর্থ বৎসর হইতে প্রতি বৎসর মার্চ মাস হইতে আরম্ভ করিয়া অক্টোবর মাসের প্রথম পর্যন্ত হস্তের দ্বারা অথবা কাঁচি দ্বারা ছাঁটিয়া চায়ের পাতা সংগ্রহ করা হয়। সংগ্রহের প্রকৃতি এবং ট্যানিনের পরিমাণ অনুযায়ী চায়ের পাতার বৈশিষ্ট্য নির্ভর করে। দুইটি অগ্রস্থ পাতা সমেত এই মুকুলই হইল একটি সম্পূর্ণ উৎকৃষ্ট সংগ্রহ। দুই-এর অধিক পাতা থাকিলে চায়ের বৈশিষ্ট্য কমিয়া যায়।

সাধারণত চারিপ্রকারের চায়ের প্রচলন আছে। যথা—Black tea বা কৃষ্ণ-বর্ণের চা, Green tea বা সবুজ বর্ণের চা, Brick tea বা ইষ্টক বর্ণের চা এবং Oolong tea বা উলং চা।

1. Black tea বা **কৃষ্ণবর্ণের চা**—এই প্রকার চায়ের পাতার চারিটি ক্রমিক পর্যায়ে প্রস্তুতকরণ সম্পন্ন হয়—

(*a*) Withering (শুষ্ককরণ প্রণালী)—সংগৃহীত হইবার পরই চায়ের

পাতাগুলিকে তৎক্ষণাৎ বিস্তীর্ণ পাত্রে অথবা তাকে পাতলা স্তরে বিস্তার করিয়া প্রায় 18 ঘণ্টা ধরিয়া শুষ্ক করা হয়। ইহাতে পাতাগুলির জলের পরিমাণ বহুলাংশে কমিয়া যায়।

(*b*) Rolling (গুটানো প্রণালী)—উপরোক্ত পাতাগুলি হইতে রস নিষ্কাশনের জন্য 10—20 মিনিট ধরিয়া যন্ত্রের সাহায্যে স্বল্প গুটাইতে হয়। গুটানো পাতাগুলিকে প্রথমে শ্রেণীবদ্ধ করিয়া অনুপযুক্ত পাতাগুলিকে পুনঃ পুনঃ গুটাইতে হয়।

(*c*) Fermenting (জাগ-দেওয়া প্রণালী)—স্বল্প ও অধিক গুটানো সর্ব-প্রকার পাতাগুলিকেই প্রচুর পরিমাণে জলীয় বাষ্পপূর্ণ ঘরের মেঝেতে 2·5—5 সেন্টি-মিটার পুরু করিয়া 2/6 ঘণ্টা ধরিয়া বিছাইয়া রাখিতে হয়। এই সময় সবুজ বর্ণের পাতাগুলি তাম্রবর্ণ ধারণ করে এবং উহা হইতে চায়ের গন্ধ নির্গত হয়।

(*d*) Firing or drying দহন প্রণালী অথবা জাগ দেওয়া প্রণালীতে পাতাগুলিকে যত শীঘ্র সম্ভব সম্পূর্ণ শুষ্ক করা বিশেষ প্রয়োজন। প্রায় 45° সেন্টিগ্রেডে উহাদিগের উপর উত্তপ্ত বাতাস যন্ত্রের সাহায্যে চালনা করিতে হয় এবং ক্রমে 45°-76° সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিতে হয়। সমুদয় প্রণালীটি 30/40 মিনিট ধরিয়া সংঘটিত হওয়া প্রয়োজন। ইহাতে পাতায় জলীয় বাষ্পের পরিমাণ প্রায় 3-4 শতাংশ দাঁড়ায়।

পরিশেষে শুষ্ক পাতাগুলিকে বিভিন্ন শ্রেণীতে পৃথক করিতে হয়।

Golden pekoe (গোল্ডেন পিকো) শ্রেণীর চা প্রস্ফুটিত মুকুল হইতে, Orange pekoe (অরেঞ্জ পিকো) শ্রেণীর চা মুকুলের প্রথম পাতা হইতে এবং Pekoe (পিকো) শ্রেণীর চা দ্বিতীয় পাতা হইতে প্রস্তুত হয়। অধিকন্তু Pekoe-souchong (পিকো সুচং), Suchong (সুচং) এবং Congu (কংগু) শ্রেণীর চা তৃতীয়, চতুর্থ ও পঞ্চম পাতা হইতে প্রস্তুত হয়। ইহাদের মধ্যে পূর্বোক্ত শ্রেণীতে যাহাতে সূক্ষ্ম ও হাল্কা ও যাহাদের উপরিলিখিত শ্রেণীগুলির মধ্যে অন্তর্ভুক্ত করা যায় না তাহাদের fannings (ফ্যানিং) বলে এবং শেষোক্ত শ্রেণীতে যাহাদের চালুনির দ্বারা ছাঁকিবার পর যে অতি সূক্ষ্ম অংশ অবশিষ্ট থাকে তাহাদের dust (গুঁড়া) চা বলে।

2. Green tea বা **সবুজ বর্ণের চা**—চীন এবং জাপানে সবুজ বর্ণের চায়ের পাতা প্রস্তুত করা হয়। ইহার প্রস্তুত প্রণালীতে withering বা শুষ্ককরণ এবং fermentation বা জাগ-দেওয়া প্রণালী আদৌ নাই; পরন্তু পাতাগুলিকে প্রথমেই পাত্রে অথবা ফুটন্ত জলের বাষ্পে উত্তপ্ত করা হয়।

ইহাতে এনজাইমগুলির ক্রিয়া হ্রাসপ্রাপ্ত হয়। পরে যথাযথ rolling বা গুটান এবং firing বা দহন প্রণালীর অনুসরণ করা হয়। এই প্রক্রিয়ায় চায়ের পাতাগুলিকে ঘূর্ণায়মান পাত্রে french chalk (ফ্রেঞ্চ চক) বর্ণের দ্বারা পালিশ করা হয়।

3. Brick tea বা **ইষ্টক বর্ণের চা**—এই প্রকার চা কেবলমাত্র তিব্বত এবং রাশিয়ায় প্রস্তুত করা হয়। ইহার প্রস্তুতকরণ প্রণালী নিম্নে বর্ণিত হইল—

(*a*) Panning বা পাত্রে উত্তপ্তকরণ প্রণালী—সবুজবর্ণের চায়ের ন্যায়, কাণ্ডসমেত চায়ের পুরাতন পাতা লোহার পাত্রে প্রায় 10 মিনিট ধরিয়া উত্তপ্ত করা হয়।

(*b*) Rolling বা গুটানো প্রণালী—পরে পাতাগুলিকে যন্ত্রের সাহায্যে গুটাইতে হয়।

(c) Fermenting বা জাগ-দেওয়া প্রণালী—ইহার পরে পাতাগুলিকে 3—4 দিন ধরিয়া জাগ দেওয়া হয়। ইহার ফলে পাতাগুলির উষ্ণতা প্রায় 43°—50° সেন্টিগ্রেড বৃদ্ধি পায়।

(*d*) Drying বা শুষ্ককরণ প্রণালী পরে পাতাগুলিকে রৌদ্রে শুষ্ক করা হয়। অবশেষে ইহাতে পরিমিত ভাতের লেই প্রস্তুত করিয়া মিশাইয়া চাপ প্রয়োগের দ্বারা ইষ্টকের ন্যায় আকৃতি বিশিষ্ট করা হয়।

4. Oolong tea বা **উলং চা**—এই প্রকার চা কেবলমাত্র ফরমোসাতে প্রস্তুত করা হয়। ইহাদের পাতাগুলিতে সম্পূর্ণরূপে জাগ দেওয়া হয় না বলিয়া ইহাদের এক প্রকার অদ্ভুত গন্ধ নির্গত হয়।

সুগন্ধি চা প্রস্তুত করিতে হইলে পাতাগুলিকে সুগন্ধি পুষ্পের পাপড়ির সহিত মিশাইয়া শুষ্ক করা হয় এবং পরে পাপড়িগুলিকে পৃথক করিতে হয়।

2. Coffee
(কফি)

ষষ্ঠ শতাব্দীর প্রথম হইতেই ভারতে কফি চাষের সূত্রপাত হয়। 1658 খ্রীষ্টাব্দে ওলন্দাজগণ প্রথমেই শ্রীলঙ্কায় ও তৎপরে জাভায় কফির আমদানি করেন। তৎপরে জাভা হইতে ইহা পৃথিবীর বিভিন্ন গ্রীষ্মপ্রধান দেশে বিস্তার লাভ করে। বর্তমানে কফি সরবরাহকারী দেশগুলির মধ্যে ব্রেজিলের স্থান সর্বপ্রথম;

পরন্তু এই বিষয়ে ভারতের স্থান সর্বনিম্নে। ব্রেজিল সারা বিশ্বের কফি আমদানির প্রায় 65 শতাংশ সরবরাহ করে কিন্তু ভারতবর্ষ সেই স্থলে মাত্র এক শতাংশেরও কম সরবরাহ করে।

ঊনবিংশ শতাব্দীতে ভারতের বিস্তৃত পার্বত্য অঞ্চলে ব্যাপকভাবে কফি চাষের সূত্রপাত হয়। ভারতের কর্ণাটক, তামিলনাড়ু এবং কেরলেই প্রধানত অধিক পরিমাণ কফি উৎপন্ন হয়। আসাম, বিহার, মধ্যপ্রদেশ ও অন্ধ্রপ্রদেশেও অতি স্বল্প পরিমাণ কফি পাওয়া যায়।

আশানুরূপ ফসল পাইতে হইলে নিম্নলিখিত বিষয়গুলির প্রতি দৃষ্টি রাখা কর্তব্য—

(*i*) মৃত্তিকা—স্বল্প ঢালু পর্বতগাত্রে গভীর কর্দমাক্ত পলিমৃত্তিকায় জল নিষ্কাশনের সুবন্দোবস্ত থাকিলে কফি গাছ সুষ্ঠুভাবে বৃদ্ধি পায়।

(*ii*) বৃষ্টিপাত—মার্চ-এপ্রিল মাসের মাঝামাঝি বৃষ্টিপাত (200–210 সেন্টিমিটার) হওয়া প্রয়োজন; ডিসেম্বর-ফেব্রুয়ারি মাস অবধি শীতকালীন আবহাওয়া শুষ্ক হইলে ভাল হয়।

(*iii*) উচ্চতা—সমুদ্রতল হইতে 450—1,520 মিটার পর্যন্ত উচ্চতা কফি চাষের উপযোগী।

(*iv*) জমির স্বাভাবিক পরিচয়—উত্তর ও পূর্বাভিমুখী জমি যাহাতে প্রবল বায়ুপ্রবাহ প্রতিরোধের সুবন্দোবস্ত আছে তাহা কফি চাষের পক্ষে সর্বোৎকৃষ্ট।

Caffea arabica (কফিয়া আরেবিকা) অর্থাৎ আরব দেশীয় কফি গাছের বীজ হইতে প্রায় 92 শতাংশ কফি উৎপাদিত হয়। এই সকল গাছ 900-1,520 মিটার পর্যন্ত উচ্চতায় জন্মায় এবং বৎসরে প্রায় 23,000 মেট্রিক টন ফসল পাওয়া যায়; *C. canephora* (কে. কেনিফোরা) নামক কফি গাছের ক্ষেত্রে ইহা মাত্র 11,120 মেট্রিক টন হইয়া থাকে। *C. arabica* (ক. আরেবিকা) হইতে উৎকৃষ্ট কফি পাওয়া যায়। ইহা ঘন ডালপালা সমেত ছোট আকারের বৃক্ষ, পাতাগুলি opposite (অভিমুখ) ও কাণ্ডে দুইটি সারিতে সজ্জিত থাকে। উভয় পাতায় axillary bud (কাক্ষিক মুকুল) ও extra-axillary bud (বহিঃকাক্ষিক মুকুল) দেখিতে পাওয়া যায়। পাতার কক্ষ হইতে মিষ্ট গন্ধের insect pollinated (পতঙ্গপরাগী) ফুলগুলি গুচ্ছাকারে বাহির হয়। ফলগুলি হইল দুইটি বীজযুক্ত berry (বেরী) এবং endosperm (সস্য) অদ্ভুতভাবে ভাঁজযুক্ত। পরিপক্ক ফলের বীজগুলিই কেবলমাত্র কফি

প্রস্তুত করিতে ব্যবহৃত হয়। *C. arabica* (ক. আরেবিকা)-র একটি variety প্রকার হইল Mocha coffee (মোচা কফি) এবং ইহা হইতে সুন্দর গন্ধযুক্ত এক প্রকার কফি পাওয়া যায়। ইহার ফলগুলি সাধারণ *C. arabica* (ক. আরেবিকা)-র প্রজাতি অপেক্ষা আকারে ছোট ও অধিকতর গোলাকার। আরব দেশের কয়েকটি সীমাবদ্ধ অঞ্চলে ইহার চাষ করা হয়।

ভারতীয় কফি গাছ আকারে বড় হয় বলিয়া সাধারণ বনাঞ্চলীয় চাষপ্রণালী এই ক্ষেত্রে প্রয়োগ করা হয়। এই প্রক্রিয়ায় মৃত্তিকার ক্ষয় নিবারিত হয় এবং উত্তম বৈশিষ্ট্যসম্পন্ন ভারতীয় কফি পাওয়া যায়।

বীজগুলি প্রথমে বীজতলায় বপন করিয়া পরে উপযুক্তভাবে প্রস্তুত জমিতে চারাগাছগুলি transplant (পুনরায় রোপণ) করিতে হয়। তৃতীয় বর্ষ হইতেই গাছগুলিতে ফল দেখা দেয় এবং পনর বৎসর অথবা কোনো কোনো ক্ষেত্রে কিছু অধিককাল পর্যন্ত ভাল ফসল প্রদান করে।

কফিগাছের ফল হইতে বাজারে বিক্রয়ার্থ কফি প্রধানত wet method (সিক্তপ্রণালী)-র দ্বারা প্রস্তুত করা হয়। এই প্রক্রিয়ায় কফির পরিপক্ক ফলগুলিকে গাছ হইতে সংগ্রহ করিবার পর বাহিরের আবরণ ও অন্যান্য কোমল আঠালো অংশ অপসারণ করিবার উদ্দেশ্যে যন্ত্রে চালিত করিতে হয়। পরে ইহাদের জলে সিক্ত করিলে মিউসিলেজযুক্ত আবরণগুলি fermentation (সন্ধান প্রক্রিয়ায়) অপসারিত হয়। বীজত্বকযুক্ত বীজগুলি এখন রৌদ্রে শুষ্ক করিতে হয়। বীজগুলিকে অধিকতর শুষ্ক করিতে, খোলা ছাড়াইতে ও শ্রেণীবিন্যাস করিবার উদ্দেশ্যে উপযুক্ত প্রতিষ্ঠানে পাঠাইতে হয়। এই সকল প্রক্রিয়া শেষ হইলে অবশেষে যে কফি বাহির হইয়া আসে তাহাকে Plantation coffee (প্ল্যানটেশন কফি) বলে। Cherry coffee (চেরী কফি) নামক আর এক প্রকার কফি dry method (শুষ্ক প্রণালী)-তে প্রস্তুত করা হয়। এই প্রক্রিয়ায় পরিপক্ক ফলগুলিকে রৌদ্রে এইরূপে শুষ্ক করিতে হয় যাহাতে ফলের ত্বক ও মধ্যত্বকগুলি সম্পূর্ণরূপে শুষ্ক হইয়া husk বা তুষের ন্যায় আকার ধারণ করে। শুষ্ক ফলগুলিকে এখন তুষ অপসারণ যন্ত্রে পরিচালন করিয়া বীজগুলিকে উপযুক্ত প্রতিষ্ঠানে সংরক্ষণ করা হয়।

অষ্টম অধ্যায়

ভেষজ উদ্ভিদ

(Medicinal Plants)

ভেষজ উদ্ভিদ ব্যবহারিক উদ্ভিদবিদ্যার একটি অতি প্রয়োজনীয় শাখা। অধুনা এই শাখাকে Pharmacognosy (ফারমাকগনসি) বলে। এই শাস্ত্র বলিতে ভেষজ উদ্ভিদের জীবনবৃত্তান্ত, সংরক্ষণ, উহাদের অথবা বিভিন্ন অংশের আমদানি ও রপ্তানি এবং অপরিশোধিত ঔষধ প্রস্তুতকরণ বুঝায়। পরিশোধিত ঔষধ প্রস্তুত প্রণালী ব্রিটিশ এবং আমেরিকায় এই সংক্রান্ত গ্রন্থে লিপিবদ্ধ আছে এবং উহাদের যে-কোনটি হইতেই পরিশোধিত ঔষধ প্রস্তুত করা হয়। ভারতে এইরূপ কোনো গ্রন্থ নাই, তথাপি আমাদের দেশের কবিরাজগণ চরক ও সুশ্রুত শাস্ত্রে লিখিত প্রণালী অনুযায়ী ঔষধ প্রস্তুত করিয়া সুফল অর্জন করিয়াছেন। ভেষজ উদ্ভিদের alkaloid বা উপক্ষারের মাত্রার উপরই উহার গুণাগুণ নির্ভর করে এবং মনুষ্যদেহের বহির্ভাগে বা অভ্যন্তরে প্রয়োগ করিলে ইহা সুনিশ্চিত কোনো জৈবনিক ক্রিয়া সম্পন্ন করে।

কয়েকটি প্রধান ভেষজ উদ্ভিদের বিবরণ নিম্নে প্রদত্ত হইল। যথা—

(*a*) *Aconitum nopellus* (অ্যাকোনাইটাম ন্যাপেলাস বা কাটবিষ গাছ)—ইহা Fam. Ranunculaceae বা র‍্যানানকুলাসি গোত্রীয় উদ্ভিদ। ইহাদের হিমালয়ের পার্বত্য অঞ্চলে প্রধানত দেখা যায়। ইহার মূল হইতে বাত এবং স্নায়ু-শূল নিরাময়ের ঔষধ প্রস্তুত হয়।

(*b*) *Adhatoda vasica* (অ্যাঢাটোডা ভ্যাসিকা বা বাকস্)—ইহা Fam. Acanthaceae বা অ্যাকানথাসি গোত্রীয় উদ্ভিদ। ভারত এবং বাংলাদেশের সর্বত্রই ইহা জন্মায়। ইহার পাতার রস কাশি এবং ব্রংকাইটিস রোগের মহৌষধ এবং শুষ্ক পাতার ধূম্র হাঁপানি রোগের কষ্ট লাঘব করে।

(*c*) *Andrographis paniculata* (অ্যানড্রোগ্রাফিস প্যানিকিউলেটা বা কালমেঘ)—ভারত এবং বাংলাদেশের সর্বত্রই সমতলভূমিতে ইহা জন্মায়। ইহার মূল হইতে পাকস্থলী-সংক্রান্ত রোগের ঔষধ প্রস্তুত হয়। পাতার রস উদরাময় এবং লিভারের মহৌষধ।

(*d*) *Atropa belladona* (অ্যাট্রোপা বেলেডোনা)—ইহা Fem. Solanaceae বা সোলানাসি গোত্রীয় উদ্ভিদ। ইহা হিমালয়ের পার্বত্য অঞ্চলে প্রচুর

পরিমাণে জন্মায় এবং ভারতেও ইহার প্রচুর চাষ করা হয়। পুষ্পোৎপাদনের সময় শুষ্ক পাতাগুলি দেহের বহির্ভাগে বা অভ্যন্তরে প্রয়োগ করিলে যন্ত্রণার উপশম হয়। কাশি এবং অতিরিক্ত ঘাম হইলেও ইহাতে সুফল পাওয়া যায়। চক্ষুতারার রন্ধ্র বিস্তৃত করিতেও ইহার ব্যবহার হয়।

(e) *Bacopa mannieria* (ব্যাকোপা মোন্নিরী বা ব্রাহ্মী)—ইহা Fam. Scrophulariaceae বা স্ক্রফুল্যারিয়াসি গোত্রীয় উদ্ভিদ। ইহা বর্ষজীবী ব্রততী। পাতার নিষ্কর্ষণ হইতে স্নায়ুরোগ, মৃগীরোগ এবং মস্তিষ্ক বিকৃতির ঔষধ প্রস্তুত হয়।

(f) *Cinchona Succirubra* (সিঙ্কোনা সাক্সিরুব্রা)—ইহা Fam. Rubiaceae বা রুবিয়াসি গোত্রীয় উদ্ভিদ। সিনকোনা উদ্ভিদের আরও কয়েকটি প্রজাতি আছে কিন্তু ইহাদের সকলেরই বল্কলে quinine (কুইনাইন) নামক এক প্রকার alkaloid বা উপক্ষার থাকে যাহা ম্যালেরিয়া রোগের মহৌষধ। ভারতের দার্জিলিং-এর পার্বত্য অঞ্চলে, আসামের খাসী এবং জয়ন্তিয়া পর্বতমালায়, নিলগিরি পর্বতে এবং দক্ষিণ ও মধ্যভারতের কয়েকটি অঞ্চলেও ইহা জন্মায়।

(g) *Digitalis purpurea* (ডিজিটালিস পারপিউরীয়া)—ইহা Fam. Scrophulariaceae বা স্ক্রফুল্যারিঅ্যাসি গোত্রীয় উদ্ভিদ। ইহা হিমালয়ের পার্বত্য অঞ্চলে জন্মায় এবং ভেষজ ও মনোরম উদ্ভিজরূপেও ইহার চাষও হয়। পরিণত উদ্ভিদে শুষ্ক পাতা কখনও কখনও হৃদরোগে ব্যবহৃত হয়। এই প্রকার উদ্ভিদে digitalin (ডিজিট্যালিন) নামক উপক্ষার থাকে।

(h) *Eupatoprium ayapana* (ইউপ্যাটেরিয়ম আয়াপানা বা আয়াপান) —ইহা ভারত ও বাংলাদেশের সর্বত্র জন্মায়। পাতার রস প্রয়োগে রক্তস্রাব বন্ধ হয়।

(i) *Holarrhena antidysenterica* (হোলারহেনা অ্যান্টিডিসেনটেরিকা বা কুরচী)—ইহা Fam. Apocyanaceae বা অ্যাপোসিয়ানাসি গোত্রীয় উদ্ভিদ। ইহা হিমালয়ের পার্বত্য অঞ্চলে অথবা তাহার পাদদেশে প্রচুর পরিমাণে জন্মায়। পশ্চিমবঙ্গ ও বাংলাদেশের সমতল ভূমিতেও ইহাদের জন্মাইতে দেখা যায়। ইহার বীজ উদরাময় এবং বায়ু প্রকোপে ব্যবহৃত হয়। মূল এবং কাণ্ডের বল্কলে এক প্রকার উপক্ষার থাকে যাহা আমাশয় এবং জ্বরের মহৌষধ।

(j) *Psychotria ipecacuanka* (সাইকোট্রিয়া ইপিক্যাকুয়ানা)—ইহা

Fam. Rubiaceae বা রুবিয়াসি গোত্রীয় উদ্ভিদ। ইহা নিলগিরি পর্বতমালা এবং পশ্চিমবঙ্গের ও বাংলাদেশের উত্তরভাগের পার্বত্য অঞ্চলে জন্মায়। ইহার মূলে emitin (এমিটিন) নামক এক প্রকার উপক্ষার থাকে এবং ইহা হইতে যে ঔষধ প্রস্তুত হয় তাহা আমাশয় রোগের ঔষধরূপে ব্যবহৃত হয়।

(*k*) *Strychnos nux vomica* (ষ্টিকনস্ নাক্সভমিকা)—ইহা Fam. Loganiaceae বা লোগানিয়াসি গোত্রীয় উদ্ভিদ। ইহা দক্ষিণ ভারতে প্রচুর পরিমাণে জন্মায়। বীজের নিষ্কর্ষণ মেরুদণ্ডের উদ্দীপক পদার্থ হিসাবে ব্যবহৃত হয় এবং ইহা হইতে স্নায়ুরোগের ঔষধ প্রস্তুত হয়। ইহা মৃগীরোগ, উদরাময়, জলাতঙ্ক রোগ, কোষ্ঠবদ্ধতায় বিশেষ উপকারসাধন করে।

(*l*) *Swertia chirata* (সোয়ারসিয়া চিরতা বা চিরতা গাছ)— ইহা Fam. Gentianaceae বা জেনসিয়ানসি গোত্রীয় উদ্ভিদ। ইহা বলবর্ধক ঔষধ হিসাবে ব্যবহৃত হয় এবং উদরাময় নিরাময় করে।

1. Cinchona
(সিঙ্কোনা)

সিঙ্কোনা গাছ Fam. Rubiaceae (রুবিয়াসি গোত্রীয় উদ্ভিদ) এবং ইহা হইতে ম্যালেরিয়া রোগের মহৌষধ বিখ্যাত alkloid (উপক্ষার) যথা quinine (কুইনিন) উৎপাদিত হয়। Sir George King (স্যার জর্জ কিং)-এর মতে ম্যালেরিয়া জ্বরের প্রতিষেধক হিসাবে সিঙ্কোনা বল্কলের প্রকৃত ব্যবহার করা হইয়াছিল কিনা এই সম্বন্ধে সঠিক তথ্য জানা যায় নাই। যাহাই হউক এই ক্ষেত্রে পেরুরাজ্যের Spanish Viceroy বা স্পেইন দেশীয় রাজ প্রতিনিধির স্ত্রী Countess of Cinchon বা সিন্‌কনের অভিজাত সম্প্রদায়ভুক্ত মহিলার নাম উল্লেখযোগ্য। তিনি 1640 খ্রীষ্টাব্দে দক্ষিণ আমেরিকা হইতে কিছু পরিমাণ সিঙ্কোনা গাছের বল্কল ইউরোপে আমদানি করিয়াছিলেন। ইহার ম্যালেরিয়া রোগের প্রতিষেধক হিসাবে ব্যবহার শীঘ্রই সমগ্র বিশ্বে ছড়াইয়া পড়িয়াছিল এবং 1677 খ্রীষ্টাব্দে *British Pharmacopoeia* (ব্রিটিশ ফারমাকোপিয়া) নামক গ্রন্থে ইহা স্থান পাইয়াছিল। 1770 খ্রীষ্টাব্দে মীর মহম্মদ নামক ব্যক্তির লিখিত বিবরণ হইতে ভারতে সিঙ্কোনার প্রথম ব্যবহার সম্বন্ধে জানিতে পারা যায়। ভারতে ব্রিটিশ শাসনের সময় তৎকালীন Viceroy বা রাজপ্রতিনিধির স্ত্রী Lady Canning (লেডি ক্যানিং)-এর প্রচেষ্টায়

কৃতকার্যের সহিত ভারতে সিঙ্কোনা চাষের সূত্রপাত হয়। জাভা হইতে সিঙ্কোনা গাছ আনয়ন করিয়া কিরূপে বঙ্গদেশের পার্বত্য অঞ্চলে সাফল্যের সহিত ইহার চাষ করা যায় সেই বিষয়ে তিনি ভারতীয় তৎকালীন Royal Botanical Garden বা উদ্ভিদ উদ্যানের Dr. T. Anderson (ডাঃ টি. অ্যাণ্ডারসন)-এর সহিত বিশদভাবে আলোচনা করিয়াছিলেন ; দুর্ভাগ্যের বিষয় এই মহিয়সী নারী ম্যালেরিয়া রোগেই আক্রান্ত হইয়া পরলোকগমন করেন। যাহা হউক ডাঃ অ্যাণ্ডারসন নিজে জাভা হইতে প্রচুর সংখ্যক সিঙ্কোনা গাছ আনয়ন করিয়া বহু পরিশ্রমের পর দার্জিলিং-এর পার্বত্য অঞ্চলে কৃতকার্যের সহিত ইহার চাষ করেন। দুর্ভাগ্যের বিষয় তিনিও অবশেষে ম্যালেরিয়া রোগে আক্রান্ত হইয়া পরলোকগমন করেন। অতঃপর Sri George King (স্যার জর্জ কিং)-এর প্রচেষ্টায় সিঙ্কোনার চাষ এবং কুইনিনের ব্যাপক প্রচলন সম্পূর্ণরূপে সাফল্য-মণ্ডিত হয়।

সিঙ্কোনা গাছের 65টি প্রজাতি আছে এবং ইহাদের প্রত্যেকেরই আদি জন্মস্থান হইল দক্ষিণ আমেরিকা। ইহারা চিরহরিৎ গুল্ম অথবা বৃক্ষ। ভারতে সিঙ্কোনা গাছের ব্যাপক ব্যবহারের উদ্দেশ্যে চারি প্রকার প্রজাতির চাষ করা হয়। ইহারা যথাক্রমে—1. *Cinchona ledgeriana* (সিঙ্কোনা লেজিরিয়ানা), 2. *C. officinalis* (সি. অফিসিনালিস), 3. *C calisaya* (সি. ক্যালিসায়া) এবং 4. *C. succirubra* (সি. সাক্কিরুব্রা)। এই সকল প্রজাতির মধ্যে প্রজননের দ্বারা কতকগুলি কার্যকর সঙ্কর উদ্ভিদ উৎপাদন করা সম্ভবপর হইয়াছে এবং ইহাদের সকলেরই ভারতে চাষ করা হয়।

1. *Cinchona ledgeriana* (সিঙ্কোনা লেজিরিয়ানা)—এই প্রকার উদ্ভিদ হইতে এক প্রকার Ledger Bark (লেজার বল্কল) পাওয়া যায়। উদ্ভিদ দুর্বল কাণ্ডবিশিষ্ট বৃক্ষ ও উচ্চতায় প্রায় 4-5 মিটার পর্যন্ত হইয়া থাকে। পাতাগুলি ডিম্বাকার, ফুলগুলি পীতবর্ণের ও ফলগুলি 8-13 মিলিমিটার পর্যন্ত দীর্ঘ ক্যাপসুল হয়। ভারতে ইহার ব্যাপক চাষ হইয়া থাকে। প্রায় 900-1850 মিটার পর্যন্ত উচ্চতায় ইহারা সুষ্ঠভাবে বৃদ্ধি পায়।

2. *Cinchona officinalis* (সিঙ্কোনা অফিসিনালিস)—এই প্রকার উদ্ভিদ হইতে এক প্রকার Loxa or Crown Bark (লাক্সা অথবা ক্রাউন বল্কল) পাওয়া যায়। গাছগুলি 6-9 মিটার পর্যন্ত উচ্চ হয়। ইহারা সরু কাণ্ডবিশিষ্ট বৃক্ষ, পত্রবৃন্ত প্রায় লোহিত বর্ণের হয়, ফুলগুলি গোলাপী বর্ণের ও ফলগুলি

17-20 মিলিমিটার দীর্ঘ ক্যাপসুল হইয়া থাকে। বল্কলটি বন্ধুর তলবিশিষ্ট পিঙ্গল বর্ণের (ভিতরের তলটি পীতবর্ণের) এবং ইহাতে ইতস্ততঃ শ্বেত ও কৃষ্ণবর্ণের দাগ দেখা যায়। 1830-2450 মিটার পর্যন্ত উচ্চতর স্থানে ইহারা সুষ্ঠুভাবে জন্মায়।

3. *Cinchona calisaya* (সিঙ্কোনা ক্যালিসায়া)—এই প্রকার উদ্ভিদ হইতে calisaya (ক্যালিসায়া) অথবা Peruvian (পেরুদেশীয়) অথবা Yellow Bark (পীতবর্ণের বল্কল) পাওয়া যায়। উদ্ভিদটি উচ্চ সবল বৃক্ষ। পাতাগুলি oblong-obovate (আয়তাকার-বিড়িম্বাকার), ফুলগুলি flesh coloured বা গাত্রবর্ণের এবং ফুলগুলি 8-17 মিলিমিটার পর্যন্ত দীর্ঘ ক্যাপসুল। বল্কলটি মসৃণ, পুরু, শ্বেতবর্ণের ও ইতস্ততঃ বিদারিত। ইহা 450-900 মিটার পর্যন্ত উচ্চতায় সুষ্ঠুভাবে বৃদ্ধি পাইতে পারে।

4. *Cinchona succirubra* (সিঙ্কোনা সাক্সিরুব্রা)—এই প্রকার উদ্ভিদ হইতে Red Bark (লোহিতবর্ণের বল্কল) পাওয়া যায়। গাছগুলি 12-15 মিটার উচ্চ বৃক্ষ, ফুলগুলি গোলাপীবর্ণের এবং ফলগুলি 25-32 মিলিমিটার পর্যন্ত দীর্ঘ ক্যাপসুল হইয়া থাকে। বল্কলটি পিঙ্গলবর্ণের এবং ইহাতে কতিপয় শ্বেতবর্ণের দাগ আছে ও আড়াআড়িভাবে অবস্থিত কতকগুলি বিদারণ দেখা যায়। সিঙ্কোনা গাছের প্রজাতিগুলির মধ্যে ইহা সর্বাপেক্ষা সবল এবং সহজেই ইহার চাষ করা সম্ভবপর। 600-1830 মিটার পর্যন্ত বিভিন্ন উচ্চতায় ইহার সুষ্ঠুভাবে বৃদ্ধি পাইতে পারে।

সিঙ্কোনা গাছের আদি জন্মস্থান পেরু, কলমবিয়া, বলিভিয়া. ইকুয়েডর ও অ্যাণ্ডিজ প্রভৃতি দক্ষিণ আমেরিকার বিভিন্ন অঞ্চল। ইন্দোনেশিয়া, ভারতবর্ষ, শ্রীলঙ্কা, ব্রহ্মদেশ, রাশিয়া প্রভৃতি বিভিন্ন স্থানে ইহার ব্যাপকভাবে চাষ করা হয়। ভারতবর্ষের অন্তর্গত পশ্চিমবঙ্গের দার্জিলিং জেলায় এবং আসামের খাসিয়া ও জয়ন্তিয়া পাহাড়ে *C. ledgeriana* (সি. লেজিয়ানা)-র তামিলনাড়ুর উটাকামণ্ডের পার্বত্য অঞ্চলে *C. officinalis* (সি. অফিসিনালিস)-এর এবং নিলগিরির মোয়ার উপত্যকায় ও সিকিমে *C. Calisaya* (সি. ক্যালিসায়া)-র এবং সিকিম, দক্ষিণ ভারত ও মধ্য ভারতের সাতপুরা পর্বতমালায় *C. succirubra* (সি. সাক্সিরুব্রা)-র ব্যাপক চাষ করা হয়।

সিঙ্কোনার সাফল্যজনক চাষের জন্য সছিদ্র অ্যাসিডযুক্ত মৃত্তিকার প্রয়োজন এবং ইহাতে যেন উত্তম জল নিষ্কাশনের ব্যবস্থা থাকে। তাপমাত্রা 15·5°-24°

সেন্টিগ্রেড ও আবহাওয়া জলীয় বাষ্পপূর্ণ হওয়া আবশ্যক। বৃষ্টিপাতের পরিমাণ অধিকমাত্রায় অর্থাৎ 2·5-2·8 মিটার পর্যন্ত হইতে হইবে কিন্তু সারা বৎসর ধরিয়া প্রায় সমভাবে বৃষ্টিপাতের প্রয়োজন। যে সকল পর্বতের ঢালু অঞ্চল প্রবল বায়ুপ্রবাহ হইতে সুরক্ষিত উহা সাধারণত সিঙ্কোনা চাষের জন্য নির্বাচন করা হয়। মৃত্তিকায় জলের পরিমাণ স্বল্প হইলে উদ্ভিদগুলির বৃদ্ধি ব্যাহত হয় এবং উপক্ষারের পরিমাণও হ্রাস প্রাপ্ত হয়। দেখা গিয়েছে যে, 915 মিটারের নিম্নে অথবা 1830 মিটার অপেক্ষা উচ্চতর স্থানেও উদ্ভিদের বৃদ্ধি ব্যাহত হয় ও উপক্ষারের মাত্রাও হ্রাসপ্রাপ্ত হয়।

সিঙ্কোনা গাছের বীজ বপন করিয়া অথবা cutting বা কলম বাঁধিয়া অথবা layering বা স্তরায়ন প্রভৃতি অঙ্গজ জননের দ্বারা বংশ বিস্তার করা হয় কিন্তু প্রথমোক্ত প্রণালীটিই ভারতে সাধারণভাবে প্রচলিত। যে পার্বত্য জঙ্গলের মৃত্তিকায় সিঙ্কোনা গাছের চাষ করিতে হয় তাহা উত্তমরূপে পরিষ্কার করিয়া উপযুক্ত পরিমাণ সার প্রয়োগ করিতে হয় এবং প্রায় 50 সেন্টিমিটার গর্ত করিয়া বীজগুলি বপন করিতে হয় ও পরে বালুকা দ্বারা মৃত্তিকা আবৃত করিতে হয়। বায়ুপ্রবাহ প্রতিরোধের জন্য জঙ্গলের কিছু অংশ চাষ না করিয়া ফেলিয়া রাখিতে হয়। প্রচুর পরিমাণে বীজ বপন করিয়া উহার উপর জল ছিটাইতে হয়। এইরূপে 3-6 সপ্তাহের মধ্যেই বীজগুলি অঙ্কুরিত হয়। চারাগাছগুলি প্রায় 2·5 সেন্টিমিটার দীর্ঘ হইলে এবং 2-3 জোড়া পাতা উৎপাদন করিলে উহাদের প্রথমে অন্যত্র উপযুক্তভাবে প্রস্তুত মৃত্তিকায় অস্থায়িভাবে সারিবদ্ধ বসাইতে হয়। লক্ষ্য রাখিতে হইবে যে, প্রতি সারিতে যেন গাছগুলি 5 সেন্টিমিটার অন্তর বসান হয় এবং সারিগুলির মধ্যেও যেন পরস্পর 5 সেন্টিমিটার ব্যবধান থাকে। প্রথমে গাছগুলিকে কৃত্রিমভাবে উৎপন্ন ছায়ার নিচে রাখিতে হয় কিন্তু পরে ছায়া ক্রমে অপসারণ করিতে হয়। চারাগাছগুলি 14-18 মাসের হইলে এবং উহারা প্রায় 50 সেন্টিমিটার দীর্ঘ হইলে উহাদিগকে অন্যত্র উপযুক্ত মৃত্তিকায় পুনরায় রোপণ করিতে হয়। লক্ষ্য রাখিতে হইবে যে, রোপণের সময় যেন আকাশ ঘন মেঘাচ্ছন্ন থাকে এবং রোপণের পরে যেন প্রচুর বৃষ্টিপাত হয়। এই সময়ে গাছগুলির সুষ্ঠু বৃদ্ধির জন্য যেন উভয় দিকে 1·2 মিটার ব্যবধান থাকে।

গাছগুলি চারি বৎসরের হইলেই বল্কল অপসারণের কাজ আরম্ভ হয়। 10-12 বৎসরের গাছের উপক্ষারের পরিমাণ সর্বাধিক এবং পরে বয়সের সাথে

উহা ক্রমে হ্রাস পাইতে থাকে। উপযুক্ত সময় মৃত্তিকাতল হইতে প্রায় 1·5 মিটার উপর হইতে গাছের গুঁড়িটি কাটিয়া ফেলিতে হয়। এখন মূল সমেত অবশিষ্ট গুঁড়িটিকে মৃত্তিকা হইতে তুলিয়া যথাযথ পরিষ্কার করিয়া ছুরির-সাহায্যে বল্কটিকে অপসারণ করিতে হয়। অপসৃত বল্কলটি ছায়াযুক্ত স্থানে ধীরে ধীরে শুষ্ক করিতে হয়। মনে রাখিতে হইবে যে, কখনই যেন বল্কলগুলি অধিকক্ষণ উন্মুক্ত সূর্যালোকে অথবা প্রায় 80 সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রার ঊর্ধ্বে না থাকে। শুষ্ক বল্কলগুলিকে কয়েক মাস ধরিয়া বস্তায় ভর্তি করিয়া রাখিলেও বিনষ্ট হয় না।

2. Rauwolfia
(সর্পগন্ধা)

Rauwolfia (**সর্পগন্ধা** বা **চন্দ্রা**) Fam. Apocyanaceae বা করবী গোত্রীয় ক্ষুদ্র গুল্ম। ইহার ভারতীয় দুইটি প্রজাতির মধ্যে *R. serpentina* (রাউলফিয়া সারপেনটিনা) নামক প্রজাতি প্রচুর পরিমাণে চাষ করা হয়। ইহার শিকড়ের বল্কলে rauwolfin (রাউলফিন) নামক এক প্রকার উপক্ষার থাকে যাহা রক্তচাপবৃদ্ধি দমনে বিশেষ সহায়ক।

প্রধান মূলটি স্থূল, দৃঢ়, এবং দৈর্ঘ্যে 20 সেন্টিমিটার পর্যন্ত হয়। ইহার সাধারণত শাখামূল দেখিতে পাওয়া যায় না এবং ইহা সুস্পষ্ট বল্কল দ্বারা আবৃত। পুষ্পগুলি নিয়ত ছত্রবিন্যাসযুক্ত।

ভারতের সমতল এবং পার্বত্য অঞ্চলের বহুস্থানেই ইহার চাষ করা হইয়া থাকে। ইহাদের মধ্যে কলিকাতায় অবস্থিত ভারতীয় উদ্ভিদ উদ্যান, পশ্চিম-বঙ্গের দার্জিলিং-এর পার্বত্য অঞ্চল, লক্ষ্ণৌ-এ অবস্থিত জাতীয় উদ্ভিদ উদ্যান, দেরাদূনের বন গবেষণা প্রতিষ্ঠান, জম্মু এবং কাশ্মীরের আঞ্চলিক গবেষণাগার প্রভৃতি স্থানের নাম উল্লেখযোগ্য। বাংলাদেশের এবং পশ্চিমবঙ্গের প্রায় সর্বত্র স্বাভাবিকরূপে ইহাদের জন্মাইতে দেখা যায়।

সর্পগন্ধার চাষের জন্য কর্দমাক্ত অথবা দো-আঁশ মৃত্তিকা বিশেষ উপযোগী। ইহার চাষ বৃষ্টিপাতের পরিমাণের উপর নির্ভর করে না।

মূলের খণ্ড রোপণ করিয়া অথবা বীজ বপন করিয়া সর্পগন্ধার চাষ করা হয়।

মৃত্তিকা উত্তমরূপে কর্ষণ করিয়া মই দিতে হয়। রোপণ করিবার পূর্বে সবুজসার মৃত্তিকার সহিত মিশ্রিত করিতে হয় এবং বর্ষা ঋতুর প্রারম্ভে উদ্ভিদগুলি রোপণ করিয়া সেপ্টেম্বরে চারাগুলিকে তুলিয়া পুনরায় রোপণ করা হয়।

উদ্ভিদগুলি 3-4 বৎসরের হইলে, শীতকালে বল্কলসমেত শিকড়গুলি সংগ্রহ করিতে হয়, কারণ এই সময় উপক্ষারের পরিমাণ বৃদ্ধি পায়। প্রধান মূল-সমেত গুচ্ছমূলগুলি সংগ্রহ করিতে হয়, কারণ গুচ্ছমূলগুলিতেও উপক্ষারের পরিমাণ অধিক থাকে। মূলগুলিকে পরিষ্কার করিয়া শুষ্ক করিতে হয়। এইরূপ শুষ্ক মূলগুলি ঔষধ কারখানায় প্রেরণ করা হয়।

নবম অধ্যায়

দারু-উৎপাদনকারী উদ্ভিদ

(Timber-yielding Plants)

দারু উৎপাদনকারী উদ্ভিদের কাষ্ঠল অংশ হইতেই দারু উৎপন্ন হয়। নিকৃষ্ট প্রকৃতির দারু জ্বালানিরূপে ব্যবহৃত হয় কিন্তু উৎকৃষ্ট দারু কড়ি, বরগা, সেতু, ভেলা, রেলের স্লিপার, আসবাব পত্র, খাট, আলমারি, দরজা জানালা, কাষ্ঠস্তম্ভ, প্যাকিং-বাক্স প্রভৃতি প্রস্তুত করিতে ব্যবহৃত হয়। Heart wood বা সার কাষ্ঠ অথবা sap wood বা রসবহকাষ্ঠ হইতে দারু উৎপন্ন হয়। রসবহ কাষ্ঠ অপেক্ষা সার কাষ্ঠ অধিক মূল্যবান ও দীর্ঘকাল স্থায়ী। কাষ্ঠের বর্ণ, গঠন এবং সূক্ষ্ম রন্ধ্রের পরিমাপের উপর ইহার মান নির্ভর করে।

1. Sal

(শাল)

Shorea robusta বা শাল গাছ Dipterocarpaceae (ডিপটেরোকারপেসি) গোত্রীয় উদ্ভিদ। ইহা এশিয়ার গ্রীষ্মপ্রধান দেশে এবং ভারতবর্ষের বিভিন্ন স্থানে প্রচুর পরিমাণে জন্মায়।

উদ্ভিদগুলি অতিশয় দীর্ঘ এবং ইহাদের গুঁড়ি স্থূল। উহা হইতে বহুল পরিমাণে পার্শ্বীয় শাখা নির্গত হয় এবং পাতাগুলির গঠন চর্মবৎ। পুষ্পগুলি উভলিঙ্গ এবং কাক্ষিক অথবা অগ্রস্থ নিয়ত যৌগমঞ্জরী গঠন করে। ফলগুলি অবিদারী সামারা এবং বৃতিগুলিই বৃদ্ধি পাইয়া পক্ষে পরিণত হয়।

1876 খ্রীষ্টাব্দে ভারতে Schlich (শ্লীচ্) নামক একব্যক্তি বাক্সা বিভাগের অন্তর্গত ধমনপুর নামক স্থানে সর্বপ্রথম শাল গাছ রোপণ করেন। পরে উত্তর প্রদেশের গোরক্ষপুরে এবং পশ্চিমবাংলার জলপাইগুড়ি জেলায় ইহার চাষ করা হয়। বর্তমানে বাংলাদেশ, পশ্চিমবাংলা, উত্তর প্রদেশ, বিহার এবং আসামের বহু স্থানেই ইহার চাষ বিস্তৃতি লাভ করিয়াছে। বিহারের অন্তর্গত Saranda (সারান্দায়) ভারতের বৃহত্তম শালের অরণ্য অবস্থিত।

শাল গাছ চূড়ান্ত পরিবেশেও জন্মাইতে পারে। শীতকালে হিমাঙ্কের নিম্নের তাপমাত্রা হইতে গ্রীষ্মকালের অত্যধিক তাপমাত্রা, বাৎসরিক বৃষ্টিপাতের পরিমাণ 1 মিটারের নিম্ন হইতে উর্ধ্বে পাঁচ মিটার পর্যন্ত ইহারা সহ্য করিতে পারে।

বিভিন্ন প্রকার মৃত্তিকায় taungya system (তুঙ্গিয়া প্রণালীতে) শাল গাছের চাষ করা হয়। সারিবদ্ধভাবে শালের বীজ বপন করা হয়। মৃত্তিকার প্রকৃতি অনুযায়ী দুই সারি শালগাছের মধ্যবর্তী সঙ্কীর্ণ স্থানে বিভিন্ন ফসল এবং নানাপ্রকার সব্জী রোপণ করা হয়। শালগাছগুলি পরিণত প্রাপ্ত হইতে 25 বৎসর সময় লাগে।

শালের কাষ্ঠের বিশেষত্ব হইল যে, উহা অতিশয় কঠিন, ভারী এবং দীর্ঘকাল স্থায়ী। ইহা হইতে জানালা, দরজা, টেলিগ্রাফের খুঁটি, কড়ি, রেলের স্লিপার প্রভৃতি প্রস্তুত হয়। শাল গাছের বল্কল ছেদন করিলে এক প্রকার গঁদ নির্গত হয় হয় যাহা স্পিরিট এবং রঙের সহিত মিশ্রণ করা হয়।

2. Teak
(সেগুন)

Tectona grandies বা সেগুন গাছ Verbenaceae (ভারবিনাসি) বা সেগুন গোত্রীয় উদ্ভিদ। ইহা দীর্ঘাকার বৃক্ষ। ইহা এশিয়ার অন্যতম উদ্ভিদ এবং ভারত, বাংলাদেশ, ব্রহ্মদেশ, মালয়েশিয়া এবং ইন্দোনেশিয়ায় ইহা প্রচুর পরিমাণে জন্মায়। অপেক্ষাকৃত শুষ্ক মৃত্তিকায় ইহারা সমধিক বৃদ্ধি পায়। উত্তর, মধ্য এবং দক্ষিণ ভারতে ইহার চাষ হয়। স্বাভাবিকভাবেও ইহাদের জন্মাইতে দেখা যায়।

উদ্ভিদের স্থূল কাণ্ডে বৃন্তযুক্ত বৃহৎ আকৃতির পাতাগুলি প্রতিমুখ অথবা আবর্তরূপে উৎপন্ন হয়। পুষ্পগুলি উভলিঙ্গ এবং সাধারণত অগ্রভাগে নিয়ত যৌগমঞ্জরী গঠন করে।

জানা গিয়াছে যে, 1840 খ্রীষ্টাব্দে মাদ্রাজ রাজ্যের অন্তর্গত মালার উপকূলে অবস্থিত নিলাম্বু নামক স্থানে সর্বপ্রথম সেগুন গাছের কৃত্রিম অরণ্য উৎপন্ন করা হয়। তথা হইতে মহারাষ্ট্র, মহীশূর, মাদ্রাজ, কেরালা, মধ্য ও উত্তর প্রদেশ, বিহার, পশ্চিম বাংলা এবং আসাম ও বাংলাদেশে ইহার রোপণ বিস্তৃতিলাভ করে। প্রতি বৎসরই বিস্তৃত স্থান ব্যাপিয়া সেগুন গাছ রোপণ করা হয়।

বর্তমানে stump plinting method বা কর্তিত উদ্ভিদের গুঁড়ি হইতে নূতন গাছ উৎপন্ন করা হয় তবে কর্দমাক্ত, বালুকাময়, কাঁকরযুক্ত অথবা কৃষ্ণ

মৃত্তিকায় ইহার চাষ ভাল হয় না। রোপণের পর যথারীতি আগাছা তুলিয়া ফেলা প্রয়োজন। শালের ন্যায় 'তুঙ্গিয়া প্রণালী'তেও ইহার চাষ করা হয়।

উদ্ভিদগুলি পরিণত হইতে অধিক সময় লাগে। ইহার কাষ্ঠ কঠিন, অধিকদিন স্থায়ী, পীত হইতে পিঙ্গল বর্ণের এবং বহুদিন উন্মুক্ত রাখিলেও ফাটল ধরে না। এইজন্য ইহা মূল্যবান আসবাবপত্র, রেলের কামরা, মেঝে, নৌকা ও জাহাজ নির্মাণে বিশেষ উপযোগী। ব্রহ্মদেশীয় সেগুন কাঠ ভারতীয় সেগুন কাঠ অপেক্ষা বহুলাংশে শ্রেষ্ঠ বলিয়া গণ্য করা হয়।

দশম অধ্যায়

রবার উৎপাদনকারী উদ্ভিদ
(Rubber-yielding Plants)

গ্রীষ্মপ্রধান অথবা নাতিশীতোষ্ণ অঞ্চলে রবার গাছ জন্মায়। ইহা Fam.. Papaveraceae (প্যাপাভারেসি গোত্রীয়), Fam Caricaceae (ক্যারিকেসি গোত্রীয়), Fam Moraceae (মোরেসি গোত্রীয়), Fam. Araceae (এরেসি গোত্রীয়), Fam. Sapotaceae (স্যাপোটেসি গোত্রীয় Fam. Euphorbiaceae (ইউফরবিয়েসি গোত্রীয়), Fam, Apocyanaceae (অ্যাপোসিয়ানেসি গোত্রীয়), Fam. Compositae (কম্পোসিটি গোত্রীয়), বিভিন্ন উদ্ভিদের latex বা তরুক্ষীর হইতে উৎপন্ন হয়। এই প্রকার তরুক্ষীর জল, বিভিন্ন প্রকার হাইড্রোকার্বন, রজন, তৈল প্রোটিন, শর্করা প্রভৃতি বিভিন্ন পদার্থের সংমিশ্রণ। ইহা উদ্ভিদের কাণ্ড অথবা বায়বীর মূলে অবস্থিত বল্কল, পাতা ও কোমল অংশের বিশিষ্ট প্রকৃতির কোষে উৎপন্ন হয়।

অষ্টাদশ শতাব্দীর মধ্যভাগে একদল ফরাসীদেশীয় পণ্ডিত দক্ষিণ আমেরিকায় *Hevea brazilensis* (হিভিয়া ব্রেজিলেন্সি) নামক উদ্ভিদ হইতে caoutchouc (কাউচু) নামক এক প্রকার রবারের ন্যায় পদার্থের আবিষ্কার করেন। 1770 খ্রীষ্টাব্দে Priestly (প্রিস্টলে) নামক ইংরাজ রাসায়নিক পণ্ডিত পরীক্ষা করিয়া দেখান যে, এই প্রকার কাউচু পেন্সিলের দাগ মুছিতে সক্ষম। এই প্রকার গুণের জন্য কাউচুর রবার নাম দেওয়া হইয়াছে। 1820 খ্রীষ্টাব্দে আমেরিকার যুক্তরাষ্ট্রে ও ব্রিটেনে রবারের ব্যাপক ব্যবহার আরম্ভ হয়। 1823 খ্রীষ্টাব্দে Mackintosh (ম্যাকিনটস্) নামক একজন ইংরাজ বিশেষজ্ঞ রবারকে naptha (ন্যাপথা) নামক এক প্রকার রাসায়নিক পদার্থে দ্রবীভূত করিয়া এক প্রকার রং-এর আবিষ্কার করেন যাহা বর্ষাতিকে waterproofing বা জলভেদ্য করিতে ব্যবহৃত হয়। তাঁহার এই আবিষ্কার বিশ্বব্যাপী খ্যাতি লাভ করে এবং এই প্রকারে বর্ষাতি শিল্পের ব্যাপক প্রচার আরম্ভ হয়। 1839 খ্রীষ্টাব্দে Goodyear (গুডইয়ার) নামক একজন আমেরিকান বিশেষজ্ঞ রবারের vulcanizing process (ভালকানাইজিং প্রক্রিয়া) আবিষ্কারের সাথে এইরূপ শিল্পের ব্যাপক প্রসার লাভ ঘটে।

মালয়েশিয়া, ইন্দোনেশিয়া, লাওস, ক্যাম্বোডিয়া, ভিয়েৎনাম, শ্রীলঙ্কা,

ব্রেজিল, মেক্সিকো ও মধ্য এশিয়ার বিস্তীর্ণ অঞ্চলে রবারের চাষ হয়। ভারতবর্ষ, ব্রহ্মদেশ, আফ্রিকা ও বাংলাদেশের কয়েকটি অঞ্চলেও রবারের চাষ হইয়া থাকে। দক্ষিণ ভারতের কেরালা, কর্ণাটক ও তামিলনাড়ু এবং বাংলাদেশের অন্তর্গত চট্টগ্রাম জেলার কয়েকটি স্থানের রবারের চাষ হয়। একমাত্র আমেরিকার যুক্তরাষ্ট্রেই সারা পৃথিবীর প্রায় দুই-তৃতীয়াংশ রবার উৎপন্ন হয় এবং ইহার পরে ব্রিটেন ও ফরাসী দেশের স্থান।

টায়ার, টিউব, জুতা প্রস্তুত করিতে, কাপড়কে water proofing বা জল-ভেদ্য করিতে, তার ও অন্যান্য বৈদ্যুতিক সরঞ্জাম insulate বা বিদ্যুৎ অপরিবাহী করিতে, surgical বা শল্যচিকিৎসামূলক সামগ্রী উৎপাদন করিতে, রেডিও, টেলিফোক প্রভৃতির অংশবিশেষ তৈয়ারি করিতে ও খেলনা প্রস্তুত করিতে রবারের ব্যাপক ব্যবহার হইয়া থাকে।

নিম্নে কয়েকটি রবার উৎপাদনকারী উদ্ভিদের বিবরণ দেওয়া হইল :

1. Para rubber or Brazilian rubber (প্যারা রবার অথবা ব্রেজিল দেশীয় রবার)—এই প্রকার রবার Fam. Euphorbiaceae (ইউফরবিয়েসি গোত্রীয়) *Hevea brazilliensis* (হিভিয়া ব্রেজিলিয়েন্সিস) নামক উদ্ভিদ হইতে উৎপন্ন হয়। ইহা হইতে সমগ্র রবার উৎপাদনকারী উদ্ভিদের প্রায় 65 শতাংশ রবার পাওয়া যায়। দক্ষিণ আমেরিকার অন্তর্গত ব্রেজিলেই একমাত্র এই প্রকার রবার উৎপাদনের প্রধান কেন্দ্রস্থল। এই প্রকার রবার উৎপাদনের জন্য 24°-30° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা ও 2-3 মিটার বৃষ্টিপাতের প্রয়োজন। গাছগুলি উচ্চতায় 30-40 মিটার পরিধিতে প্রায় তিন মিটার পর্যন্ত হইয়া থাকে ও গাছগুলি প্রায় দুই শত বৎসর পর্যন্ত বাঁচিয়া থাকে। পাতাগুলি trifoliate (ত্রিফলক) বিশিষ্ট ফুলগুলি unisexual (একলিঙ্গ) এবং আকারে ক্ষুদ্র হয়। বীজগুলি অতি অল্প সময়ের মধ্যেই জীবনশক্তি হারাইয়া ফেলে।

দক্ষিণ ভারত, শ্রীলঙ্কা, ব্রহ্মদেশ, মালয়েশিয়া, ইন্দোনেশিয়া, পশ্চিম আফ্রিকা, মধ্য আমেরিকা প্রভৃতি কয়েকটি স্থানেও এই প্রকাব রবারের ব্যাপক চাষ হয়। কঙ্গো এবং পশ্চিম আফ্রিকার কয়েকটি স্থানেও ইহার চাষ হইয়া থাকে। বীজতলায় চারা উৎপাদন করিয়া এবং চারা গাছগুলিকে transplantation বা অন্যত্র উপযুক্ত স্থানে রোপণ করিয়া গাছের বিস্তার সাধন করা হয়। গাছগুলি দ্রুত বৃদ্ধি পাইতে থাকে এবং প্রায় পাঁচ বৎসরের মধ্যেই রবার উৎপাদনে সক্ষম হয়।

Budding বা মুকুলোদ্গম প্রক্রিয়ায় উৎপন্ন গাছগুলি হইতে উৎকৃষ্ট শ্রেণীর রবার উৎপন্ন হয়। দক্ষিণ ভারতে একর প্রতি প্রায় 300 পাউণ্ড ও ইন্দোনেশিয়াতে একর প্রতি প্রায় 1500 পাউণ্ড পর্যন্ত রবার উৎপন্ন হয়।

রবার গাছ 4-7 বৎসরের হইলে ছোট কাঠের হাতুড়ি অথবা বাটালির ন্যায় যন্ত্রের আঘাতে latex বা তরুক্ষীর বাহির করা হয়। আঘাত করিবার সময় খাড়াভাবে ও বাঁকাভাবে এইরূপে আঘাত করিতে হয় যেন ইহা কাণ্ডের ক্যাম্বিয়ম পর্যন্ত গভীরতম অঞ্চল পর্যন্ত পৌছায়। এইরূপে প্রতিদিন অথবা একদিন অন্তর আঘাতের ফলে প্রায় চার সেন্টিমিটার খণ্ড তুলিয়া ফেলিলে দেখা যায় যে, প্রায় অর্ধ ঘণ্টা ধরিয়া ঐ স্থান হইতে তরুক্ষীর নির্গমন হইতেছে। এইরূপ প্রক্রিয়ায় গাছ প্রতি প্রায় 300 গ্রাম পর্যন্ত কঠিন রবার পাওয়া যায়। হিভিয়া গাছের cortex (কর্টেক্স)-এ যে সকল latex vessels (ক্ষীরনালী) থাকে তাহা হইতে তরুক্ষীর নির্গমন হইতে থাকে। দেখা গিয়াছে যে, পরিণত ক্ষীরনালী হইতে অধিক পরিমাণ তরুক্ষীর নিঃসৃত হয়। তরুক্ষীর নির্গমনের সময় যেন ইহা জমাট বাঁধিয়া না যায় ইহা লক্ষ্য রাখা বিশেষ প্রয়োজন। সেইরূপ হইলে সংগ্রহপাত্রে প্রয়োজনীয় ঔষধ লইয়া তরুক্ষীর সংগ্রহ করিতে হয়।

ইহার পর তরল তরুক্ষীর লৌহ-নির্মিত চ্যাপ্টা পাত্রে ঢালিয়া স্বল্প অ্যাসিটিক অ্যাসিড অথবা ফরমিক অ্যাসিড মিশ্রিত করিতে হয়। ইহাতে তরুক্ষীর জমাট বাঁধিয়া রবারে পরিণত হয়। এই জমাট-বাঁধা রবারকে এখন পরিষ্কার জলে ধৌত করিলে রবারের চাদর সৃষ্টি হয়। এইবার ইহাকে এক জোড়া রোলারের মধ্য দিয়া পরিচালনা করিয়া চাপ প্রয়োগ করিলে অধিকাংশ জল ও অন্যান্য অনাবশ্যক পদার্থের দ্রবণ অপসারিত হয়। রবারের চাদরটিকে এখন একটি বদ্ধ প্রকোষ্ঠে প্রজ্বলিত কাষ্ঠ হইতে উৎপন্ন ধোঁয়ায় শুষ্ক করিতে হয়। ইহার পর সম্পূর্ণ শুষ্ক রবারের চাদরকে বিক্রয়ার্থে বাজারে পাঠান হয়। এইরূপ প্রক্রিয়ায় যে রবারের চাদর প্রস্তুত করা যায় তাহাই নহে, ইহার দ্বারা অনিয়ত রবারের খণ্ড, সচ্ছিদ্র রবারের চাদর, রবারের সূক্ষ্ম টুকরা প্রভৃতি উৎপন্ন করা যায়।

2. India rubber (ভারতীয় রবার)—এই প্রকার রবার Fam. Moraceae (মোরেসি গোত্রীয়) *Ficus elastica* (ফাইকাস ইলাসটিকা) নামক উদ্ভিদ হইতে উৎপন্ন হয়। ইহা আসাম, বাংলাদেশ, ব্রহ্মদেশ, মালয়শিয়া

প্রভৃতি দেশে জন্মায়। গাছগুলি খুব বড় হয় এবং ইহাদের Prop roots (স্তম্ভমূল) থাকে। কাণ্ডে ও শিকড়ে আঘাত করিয়া তরুক্ষীর নিঃসরণ করা হয়। Fam. Moraceae (মোরেসি গোত্রীয়) উদ্ভিদ অন্তর্গত *Artocarpus chaplasa* (আরটোকারপাস চাপ্লাসা), *A. integra* (আ. ইনটিগ্রা) এবং Fam. Apocyanaceae (অ্যাপোসিয়ানেসি গোত্রীয়) উদ্ভিদের অন্তর্গত *Alstonia scholaris* (অ্যালস্টোনিয়া স্কলারিস) নামক উদ্ভিদ হইতেও এই প্রকার রবার উৎপাদিত হয়। শেষোক্ত উদ্ভিদটি একটি বড় আকৃতির গাছ এবং ইহা প্রধানত শ্রীলঙ্কা, সিঙ্গাপুর ও পেনাং প্রভৃতি দেশে দেখিতে পাওয়া যায়। বৎসরের শুষ্ক ঋতুতে তরুক্ষীর সংগ্রহ করা হয়। গাছের গুঁড়িতে আঘাত করিয়া মাটির পাত্রে তরুক্ষীর সংগ্রহ করা হয়। আঘাতটি যেন অধিক গভীর না হয় এবং ভূমিতল হইতে যেন ইহা প্রায় এক মিটার উচ্চে হয় এই বিষয়ে লক্ষ্য রাখা প্রয়োজন। অবশেষে তরুক্ষীর জমাট বাঁধিবার জন্য ফটকিরি মিশাইতে হয় ও পরে ইহাকে বাতাসে শুষ্ক করা হয়। এই প্রক্রিয়ায় বৎসরে প্রায় গাছ প্রতি 100—600 গ্রাম কঠিন রবার পাওয়া যায়। উদ্ভিদটির পরিণত হইতে প্রায় 40 বৎসর সময় লাগে।

3. Panama rubber or Castiola rubber (পানামা রবার অথবা ক্যাষ্টিওলা রবার)—এই প্রকার রবার Fam. Moraceae (মোরেসি গোত্রীয়) *Castiola elastica* (ক্যাষ্টিওলা ইলাসটিকা) নামক উদ্ভিদ হইতে উৎপন্ন হয়। ইহাকে প্রধানত মেক্সিকো ও মধ্য আমেরিকায় দেখিতে পাওয়া যায়। এই প্রকার উদ্ভিদের latex tube (ক্ষীরনালী) হইতে তরুক্ষীর সংগ্রহ করার প্রক্রিয়া অপেক্ষাকৃত কঠিন। অধিকন্তু একটি উদ্ভিদ হইতে বৎসরে চারিবার অথবা পাঁচবারের অধিক তরুক্ষীর সংগ্রহ করা যায় না। গাছগুলি পলিমাটিতে প্রায় 15° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় জন্মায় এবং উচ্চতায় প্রায় 45 মিটার পর্যন্ত বৃদ্ধি পায়। তরুক্ষীর ফুটাইয়া অথবা বাতাসে উন্মুক্ত রাখিলে জমাট বাঁধিয়া যায়। গাছ হইতে প্রতি বৎসরে প্রায় 200 গ্রাম পর্যন্ত কঠিন রবার পাওয়া যায়।

4. Ceara rubber (শিয়ারা রবার)—এই প্রকার রবার Fam. Euphorbiaceae (ইউফারবিয়েসি গোত্রীয়) *Manihot glaziovii* (মানিহট গ্ল্যাজিওভি) নামক এক প্রকার ক্ষুদ্রাকার বৃক্ষ হইতে উৎপন্ন হয়। ইহা প্রধানত ব্রেজিলে দেখিতে পাওয়া যায়। ইহা প্রস্তরযুক্ত শুষ্ক মৃত্তিকায় জন্মায় ও দ্রুত বৃদ্ধি পাইতে থাকে। ভারতবর্ষে ও শ্রীলঙ্কায় বর্তমানে ইহার

চাষ হইতেছে। উদ্ভিদটি 4-5 বৎসরের হইলেই তরুক্ষীর নির্গমন করা হয়। কাণ্ডে ও বড় স্ফীত মূলেও ক্ষীরনালী উৎপন্ন হয়। শিকড় অথবা পুরাতন কাণ্ড হইতে তরুক্ষীর নিঃসরণ করা হয় কিন্তু অপরিণত উদ্ভিদের ক্ষেত্রে বহিস্থ বল্কল অপসারণ করিয়া তরুক্ষীর বাহির করা হয়। অবিরত তরুক্ষীর নির্গমন উদ্ভিদের পক্ষে ক্ষতিকারক। উন্মুক্ত বাতাসে অথবা ধোঁয়াতে রাখিলে তরুক্ষীর জমাট বাঁধিয়া যায়।

5. Guayale rubber (গুয়াইল রবার)—Fam. Compositae (কম্পোজিট গোত্রীয়) *Parthenium argentum* (পারথেনিয়াম আরজেনটাম) নামক এক প্রকার বহুবর্ষজীবী গুল্ম হইতে উৎপন্ন হয়। এই সকল উদ্ভিদ মেক্সিকো ও আমেরিকার দক্ষিণ যুক্তরাষ্ট্রসমূহে জন্মায়। ইহাদের ক্ষীরনালী বা ক্ষীরকোষ দেখিতে পাওয়া যায় না কিন্তু সমগ্র উদ্ভিদের বিভিন্ন কোষে দানাদার আকারে রবার উৎপন্ন হয় এবং ইহা নিকৃষ্ট শ্রেণীর রবার।

নিম্নে কতকগুলি নিকৃষ্ট শ্রেণীর রবার উৎপাদনকারী উদ্ভিদের বিবরণ দেওয়া হইল:

Fam. Apocyanaceae (অ্যাপোসায়ানিসি গোত্রীয়) *Funtunia elastica* (ফুনটুনিয়া ইলাসটিকা) যাহা পশ্চিম আফ্রিকার উষ্ণপ্রধান অঞ্চলের এক প্রকার বড় আকারের গাছ, L. *Landolphia kirkii* (ল্যাণ্ডলফিয়া কিরকি) *L. heudelotii* (ল্যা. হিউডেলটি), *L. watsonii* (ল্যা ওয়াটসনি) ও *L. owarensis* (ল্যা. ওয়ারেনসিস) যাহারা আফ্রিকার বিশাল আকৃতির কাষ্ঠললতা; *Apocynum cannabinum* (অ্যাপোসাইনাম ক্যানাবিনাম), *Cryptostegia grandiflora* (ক্রীপটোষ্টিজিয়া গ্রাণ্ডিফ্লোরা) ও *C. madagascariensis* (ক্রী. ম্যাডাগাসকারিয়েনসিস); Fam. Euphorbiaceae (ইউফরবিয়াসি গোত্রীয়), *Euphorbia intisy* (ইউফরবিয়া ইনটিসি) যাহা আফ্রিকার মাদাগাস্কার অঞ্চলের এক প্রকার পাতাবিহীন গুল্ম; Fam. Asclepiadaceae (অ্যাসক্লিপিয়াডেসি গোত্রীয়) *Asclepias subulata* (অ্যাসলিপিয়াস স্ববুলাটা); Fam. Compositae (কম্পোসিট গোত্রীয়) *Taraxacum Koksaghyz* (ট্যারাক্সাকাম কক্সাঘিজ) এবং *Salidago leanenworthii* (সলিডাগো লিয়ানেনওয়ারথি) ও Fam. Sapotaceae (স্যাপোটেসি গোত্রীয়) *Mimusops globosa* (মাইমুসপ্‌স্‌ গ্লোবোসা) যাহা হইতে balata rubber (বালাটা রবার) প্রস্তুত হয়।

———

একাদশ অধ্যায়

ফল

(Fruits)

ফল বলিতে নিষিক্ত ও পরিপক্ক গর্ভাশয় অথবা তৎসহ অন্যান্য ফুলের অংশগুলি বুঝায়। কিন্তু প্রকৃতপক্ষে যে সকল ফল আমরা খাদ্যরূপে গ্রহণ করি তাহারাই যথার্থ ফল। আম, কাঁঠাল, লিচু, পেয়ারা, আনারস, পেঁপে প্রভৃতি প্রচুর সুমিষ্ট ও সুস্বাদু ফল দেখা যায়।

কলা

(Banana)

কলাগাছ Fam. Musaceae বা কদলি গোত্রীয় উদ্ভিদ। ভারতবর্ষই ইহার জন্মস্থান এবং এখান হইতে ইহা পৃথিবীর সর্বত্রই বিস্তারলাভ করিয়াছে।

ভারত, বাংলাদেশ, সিংহল, মালয়েশিয়া, ইন্দোনেশিয়া, চীন, আফ্রিকা, অস্ট্রেলিয়া, আমেরিকা প্রভৃতি পৃথিবীর বহু স্থানেই বিভিন্ন প্রকার কলা দেখিতে পাওয়া যায়।

কলাগাছ বর্ষজীবী উদ্ভিদ। ইহার ভূ-নিম্নস্থ রাইজোম হইতে অস্থানিক মূল নির্গত হয়। রাইজোম হইতে sheathing leaf bases বা কাণ্ডবেষ্টিত পত্রমূল সম্পন্ন পাতাগুলি সর্পিলভাবে উৎপন্ন হইয়া পত্রবৃন্তগুলি একত্রে কাণ্ডের ন্যায় আকার ধারণ করে। ইহার inflorescence বা পুষ্পবিন্যাস হইল বহুসংখ্যক রঞ্জিত bracts বা মঞ্জরীপত্রযুক্ত, spadix (স্পেডিক্স)। মঞ্জরীপত্রগুলির কক্ষ হইতে পুষ্পগুলি উৎপন্ন হয়। পুষ্পবিন্যাসের নিম্নস্থ পুষ্পগুলি স্ত্রী-পুষ্প এবং অগ্রভাগের পুষ্পগুলি পুং-পুষ্প কিন্তু মধ্যের পুষ্পগুলি neuter flower বা ক্লীব-পুষ্প অথবা hermaphrodite বা উভলিঙ্গ লইয়া থাকে। ফল berry (বেরী)। ইহা সুস্বাদু এবং পুষ্টিকর।

কলাগাছ উষ্ণপ্রধান অথবা নাতিশীতোষ্ণ অঞ্চলে চাষ করা হয় এবং ইহার জন্য 25 সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা এবং গড়ে প্রায় 1 মিটার বৃষ্টিপাতের প্রয়োজন। বালুকাময় অথবা কর্দমাক্ত মৃত্তিকায় ইহা চাষ করা হয়। মৃত্তিকায় উপযুক্ত জল নিষ্কাশন ব্যবস্থা থাকা প্রয়োজন। ঢালু পর্বতগাত্রেও অথবা পুষ্করিণী অথবা বৃহৎ জলাশয়ের ধারে কলাগাছের চাষ হইয়া থাকে।

জমি পরিষ্কার করিয়া উত্তমরূপে কর্ষণ করিতে হয়। বর্ষাকালে 9-10 বর্গমিটার অন্তর মৃত্তিকা খুঁড়িয়া রাইজোমগুলিকে বসাইতে হয়। এই সময়

আগাছাগুলি তুলিয়া ফেলা প্রয়োজন। এখন রাইজোমগুলিকে অল্প মৃত্তিকা এবং ছাই দিয়া চাপা দিতে হয়। কলাগাছের চাষে ammonium sulphate (অ্যামোনিয়াম সালফেট), super sulphate (সুপার সালফেট), urea (ইউরিয়া) প্রভৃতি সার ব্যবহার করা হয়। ফলগুলি পাকিয়া পীতবর্ণ ধারণ করিলে কাঁদিগুলি কাটিয়া বাজারে বিক্রয়ার্থে প্রেরণ করা হয়।

Questions

1. Describe the botanical features of any one of the following crop plant and give a brief account of its method of cultivation : Paddy and Jute (1964).

2. Give an account of any of the following and mention how it is cultivated : Paddy and Jute (1963).

3. Describe the method of cultivation of rice in India. If you are asked to increase the yield of rice per acre of land what measures will you adopt (1968) ?

4. Give an account of method of cultivation of rioe in West Bengal. (1970)

পশ্চিমবঙ্গে ধান চাষ-প্রণালী সম্বন্ধে নাতিদীর্ঘ প্রবন্ধ লিখ (1970).

5. Mention the important economic food plants of west Bengal. Describe briefly the method of cultivation of any one of them (1966).

6. Describe the methods of cultivation of Jute in West Bengal and suggest methods for increasing the yield of fibre (1969).

পশ্চিমবঙ্গে পাট গাছের চাষ-প্রণালীর বর্ণনা লিখ এবং পাট তন্তুর উৎপাদন বৃদ্ধির উন্নতির জন্য কি উপায় অবলম্বন করা যায় তাহার প্রস্তাব কর। (1969)

7. What are the plants that yield Jute of commerce ? Give an account of the method of cultivation (1972).

কোন্ কোন্ উদ্ভিদ হইতে 'পাট' উৎপন্ন হয় ? 'পাট' গাছের চাষ-প্রণালীর বিবরণ দাও (1972).

8. Give the botanical names of the following plants, assign them to their respective families, mention their economic importance, the part used and the conditions in which they grow best —(*a*) Gram, (*b*) Mustard, (*c*) Jute and (*d*) Sal (1967).

9. Enumerate the botanical features of an oil-yielding plant and describe the method of cultivation and process of extraction, (1971).

একটি 'তৈল উৎপাদক' উদ্ভিদের লক্ষণগুলি (botanical features) উল্লেখ কর এবং উহার চাষের প্রণালী ও তৈল নিষ্কাশন (extraction) প্রণালী বিবৃত কর। (1971)

10. Give the botanical names, the families to which they belong. their usefulness and the parts of the plants from which they obtained of the following :—

Teak, Mustard and Tea (1964).

পঞ্চম ভাগ

Plant Geography

উদ্ভিদ ভূগোলবিদ্যা

প্রথম অধ্যায়

উদ্ভিদ ভূগোলবিদ্যার সহিত প্রাকৃতিক ভূগোলের প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষ সম্পর্ক রহিয়াছে। পৃথিবীর ছয়টি মহাদেশ এবং ইহাদের অন্তর্গত অসংখ্য দ্বীপ, জলাশয়, মরুভূমি, সমুদ্র প্রভৃতি বিভিন্ন পরিবেশে বিভিন্ন প্রকার উদ্ভিদের বিস্তারে গুরুত্বপূর্ণ আলোকপাত করিয়াছে। উদ্ভিদের বিস্তার অনুযায়ী সমগ্র পৃথিবী চারিটি মণ্ডলে বিভক্ত। বিষুব অঞ্চল সর্বাধিক তপ্ত অঞ্চল এবং ইহা হইতে ক্রমদূরবর্তী অঞ্চলের তাপমাত্রাও ক্রমেই হ্রাস পাইতে থাকে। এই কারণে ঐ সকল অঞ্চলের উদ্ভিদের বিস্তৃতিও বিভিন্ন। বিষুব অঞ্চলের উভয় পার্শ্বে যে চারিটি মণ্ডল আছে তাহারা হইল যথাক্রমে tropical zone বা গ্রীষ্মমণ্ডল, subtropical zone বা উপগ্রীষ্ম মণ্ডল, temperate zone বা নাতিশীতোষ্ণ মণ্ডল এবং arctic অথবা সুমেরু বা polar zone বা মেরুমণ্ডল। Hansen (হ্যানসেন) নামক বিজ্ঞানী বিষুব অঞ্চলের উভয় পার্শ্বের সমগ্র অঞ্চলকে সূর্যের অবস্থান এবং latitude বা অক্ষাংশের সীমানা ধরিয়া আটটি মণ্ডলে ভাগ করিয়াছেন। ইহারা হইল যথাক্রমে epuatorial zone বা বিষুবমণ্ডল, tropical zone বা গ্রীষ্মমণ্ডল subtropical zone বা উপগ্রীষ্ম মণ্ডল, warm temperate zone বা উষ্ণ নাতিশীতোষ্ণ মণ্ডল, cold temperate zone বা শীতল নাতিশীতোষ্ণ মণ্ডল, subarctic zone বা উপসুমেরু মণ্ডল, arctic zone বা সুমেরুমণ্ডল এবং polar zone বা মেরুমণ্ডল।

ভারতীয় উদ্ভিদের ভৌগোলিক অঞ্চল

(Phytogeographical regions of India)

ভারতের রাজনৈতিক সীমানা যাহাই হউক না কেন ইহার উদ্ভিদ-ভৌগোলিক অঞ্চল বলিতে প্রকৃত ভারত, বর্মা, পাকিস্তান, বাংলাদেশ, মালয়েশিয়া এবং সিংহল প্রভৃতি দেশ বুঝায়। বিভিন্ন সময়ে বিভিন্ন বিজ্ঞানীরা ভারতীয় উদ্ভিদের বিভিন্ন ভৌগোলিক অঞ্চল নির্ধারণ করিয়াছেন। ইহাদের মধ্যে কয়েকটির বিবরণ নিয়ে প্রদত্ত হইল—

1. 1898 খ্রীষ্টাব্দে C. B. Clarke (সি. বি. ক্লার্ক) নামক বিজ্ঞানী সমগ্র

ভারতবর্ষকে এগারটি উদ্ভিদ-ভৌগোলিক অঞ্চলে ভাগ করেন। ইহারা হইল যথাক্রমে—

পশ্চিম হিমালয়, মরুভূমি, মালাবেরিরা, শ্রীলঙ্কা, করোমণ্ডলীয়, গাঙ্গেয় সমতলভূমি, পূর্ব হিমালয়, আসাম, জাভা, পেগু এবং মালয় উপদ্বীপ অঞ্চল।

ক্লার্ক এবং হুকার কর্তৃক নির্ধারিত অঞ্চলগুলি একই প্রকারের হইলেও কয়েকটি ক্ষেত্রে উহাদের মধ্যে তারতম্য দেখা যায়। উদাহরণস্বরূপ বলা যায় যে, ক্লার্ক নেপালের মধ্যাঞ্চলকে পূর্ব হিমালয় অঞ্চলের অন্তর্ভুক্ত করিয়াছেন, পূর্ব আফগানিস্তান এবং সমগ্র বেলুচিস্তান এবং মধ্য ভারতকে সিন্ধুনদ সংলগ্ন সমতলভূমি অঞ্চলের এবং শ্রীলঙ্কাকে দাক্ষিণাত্যের অন্তর্ভুক্ত করিয়াছেন। ক্লার্কের মতে আসাম হইল একটি পৃথক উপঅঞ্চল, পূর্ব ও দক্ষিণ ব্রহ্মদেশ হইল পেগু নামক পৃথক উপঅঞ্চল, এবং জাভা হইল উত্তর এবং উত্তরপূর্ব ব্রহ্মদেশের দেশগুলির সমষ্টি।

II. 1907 খ্রীষ্টাব্দে J. D. Hooker (জে. ডি. হুকার) ভারতবর্ষকে নয়টি উদ্ভিদ-ভৌগোলিক অঞ্চলে ভাগ করেন। ইহারা হইল যথাক্রমে—

1. পূর্ব হিমালয়—এই অঞ্চল সিকিম হইতে উত্তর আসামের মিসমী পর্বতমালা পর্যন্ত বিস্তৃত।

2. পশ্চিম হিমালয় – ইহা কুমায়ুন হইতে চিত্রল পর্যন্ত বিস্তৃত।

3. সিন্ধুনদ সংলগ্ন সমতলভূমি—এই অঞ্চল পাঞ্জাব, সিন্ধুপ্রদেশ, রাজপুতানা, আরাবল্লী পর্বতমালার পশ্চিমভাগ, যমুনা, কচ্ছ এবং উত্তর গুজরাটের সমষ্টি।

4. গাঙ্গেয় সমতলভূমি—ইহা আরাবল্লী পর্বতমালা হইতে আরম্ভ করিয়া যমুনা এবং বঙ্গদেশ পর্যন্ত বিস্তৃত। সুন্দরবন, সিলেটের সমতলভূমি, আসামের সমতলভূমি, উড়িষ্যার নিম্নভূমি এবং মহানদীর উত্তরভাগ এই অঞ্চলের অন্তর্গত। এই অঞ্চলকে তিনটি উপঅঞ্চলে ভাগ করা হয়। যথা, উত্তরের শুষ্ক উপঅঞ্চল, নিম্নের আর্দ্র উপঅঞ্চল এবং সুন্দরবন।

5. মালাবার—ইহা গুজরাটের দক্ষিণ ভাগ হইতে আরম্ভ করিয়া কুমারিকা অন্তরীপ এবং লাক্ষা দ্বীপপুঞ্জ পর্যন্ত বিস্তৃত।

6. দাক্ষিণাত্য—এই অঞ্চল বলিতে গাঙ্গেয় সমতলভূমির এবং সিন্ধুনদ সংলগ্ন সমতলভূমির দক্ষিণে ও মালাবারের পূর্বদিকে অবস্থিত অপেক্ষাকৃত শুষ্ক ও উচ্চ মালভূমি বুঝায়। করমণ্ডলীর উপকূলভাগ এই অঞ্চলের অন্তর্গত।

7. শ্রীলঙ্কা এবং মালদ্বীপ দ্বীপপুঞ্জ।

8. ব্রহ্মদেশ—আন্দামান ও সম্ভবত নিকোবর দ্বীপপুঞ্জও এই অঞ্চলের অন্তর্গত।

9. মালয় উপদ্বীপ।

III. C. C. Calder (সি. সি. ক্যালডার) নামক বিজ্ঞানী সমগ্র ভারতবর্ষকে প্রথমে তিনটি প্রধান উদ্ভিদ ভৌগোলিক অঞ্চলে ভাগ করেন। যথা, হিমালয় অঞ্চল, পূর্বাঞ্চল ও পশ্চিমাঞ্চল এবং প্রতি অঞ্চলেই বিশিষ্ট প্রকৃতির উদ্ভিদ দেখিতে পাওয়া যায়। পরে অবশ্য জলবায়ু এবং প্রাকৃতিক পরিস্থিতির উপর ভিত্তি করিয়া তিনি ভারতবর্ষকে ছয়টি উদ্ভিদ অঞ্চলে ভাগ করেন। এই অঞ্চলগুলি নিম্নে বর্ণিত হইল। যথা—

1. পূর্ব হিমালয়—এই অঞ্চলের উদ্ভিদগুলি প্রধানত সিকিমে দেখা যায়।

2. পশ্চিম হিমালয়।

3. সিন্ধুনদ সংলগ্ন সমতলভূমি—এই অঞ্চল পাঞ্জাব, সিন্ধু এবং রাজপুতানা, আরাবল্লী পর্বতমালার পশ্চিমভাগ, যমুনা কচ্ছ ও গুজরাটের সমষ্টি।

4. গাঙ্গেয় সমতলভূমি—ইহা তিনটি উপঅঞ্চলের সমষ্টি ; যথা, উত্তর গাঙ্গেয় সমতলভূমি, মধ্য গাঙ্গেয় সমতলভূমি এবং নিম্ন গাঙ্গেয় সমতলভূমি! মধ্য গাঙ্গেয় সমতলভূমি বলিতে পশ্চিমবঙ্গ, বিহার ও উড়িষ্যাকে বুঝায় এবং নিম্ন গাঙ্গেয় সমতলভূমি বলিতে সুন্দরবনের ব-দ্বীপ অঞ্চল বুঝায়।

5. মালাবার—পশ্চিমঘাট পর্বতমালা এই অঞ্চলের অন্তর্গত।

6. দাক্ষিণাত্য—ইহা গাঙ্গেয় সমভূমির সমগ্র দক্ষিণ ভাগ এবং মালাবার উপকূলের পূর্ব ভাগ বুঝায়।

IV. D. Chatterjee (ডি. চ্যাটার্জী) নামক বিজ্ঞানী ভারতবর্ষকে প্রধানত দশটি উদ্ভিদ-ভৌগোলিক অঞ্চলে ভাগ করেন। ইহারা নিম্নে বর্ণিত হইল। যথা—

1. দাক্ষিণাত্য—এই অঞ্চল মাদ্রাজ প্রেসিডেন্সী, হায়দারাবাদ এবং মহীশূর রাজ্যের অধিকাংশ অংশের সমষ্টি।

2. মালাবার—ইহা বোম্বাই প্রেসিডেন্সীর এবং ত্রিবান্দ্রাম রাজ্যের অধিকাংশ অংশের সমষ্টি।

3. সিন্ধুনদ সংলগ্ন সমতলভূমি—ইহা প্রধানত দুইটি উপঅঞ্চলের সমষ্টি ; যথা, সিন্ধু, রাজপুতানা ও বালুচিস্তানের কিয়দংশের শুষ্ক মরুভূমি এবং পাঞ্জাবের আর্দ্র অঞ্চল।

4. গাঙ্গেয় সমতলভূমি—ইহাও প্রধানত তিনটি উপঅঞ্চলের সমষ্টি ; যথা, (*i*) উপরের শুষ্ক উপঅঞ্চল যাহা পাঞ্জাব হইতে আরম্ভ করিয়া উত্তর প্রদেশের অধিকাংশ ও পূর্বে এলাহাবাদ পর্যন্ত বিস্তৃত ; (*ii*) নিম্নের আর্দ্র উপঅঞ্চল যাহা উত্তর প্রদেশের অবশিষ্টাংশ, বিহার, উড়িষ্যা এবং বঙ্গদেশকে বুঝায় কিন্তু গাঙ্গেয় ব-দ্বীপগুলি ইহার অন্তর্ভুক্ত নহে ; এবং (*iii*) সুন্দরবন উপঅঞ্চল।

5. আসাম।

6. পূর্ব হিমালয়—এই অঞ্চল দার্জিলিং, সিকিম ও ভূটানকে বুঝায় এবং ইহা মিসমী পর্বতমালা পর্যন্ত বিস্তৃত।

7. নেপাল সমেত মধ্য হিমালয়।

8. পশ্চিম হিমালয়—এই অঞ্চল কুমায়ুন পর্বত হইতে আরম্ভ করিয়া কাশ্মীরের মধ্য দিয়া উত্তর-পশ্চিম সীমান্ত প্রদেশ পর্যন্ত বিস্তৃত।

9. উত্তর ব্রহ্মদেশ।

10. দক্ষিণ ব্রহ্মদেশ।

যদিও কার্ক এবং হুকার শ্রীলঙ্কাকে ভারতবর্ষের একটি উদ্ভিদ-ভৌগোলিক অঞ্চলরূপে গণ্য করিয়াছিলেন তথাপি চ্যাটার্জীর মতে ইহার ভারতের উদ্ভিদ-অঞ্চলের মধ্যে কোন স্থান নাই। ইহার কারণস্বরূপ বলা হইয়াছে যে, শ্রীলঙ্কার উদ্ভিদগুলির অধিকাংশই বহিরাগত।

1960 খ্রীষ্টাব্দে ভারতীয় উপমহাদেশ রাজনৈতিক কারণে ভারতবর্ষগত পাকিস্তানে খণ্ডিত ছিল এবং সেই কারণে ডি. চ্যাটার্জী ঐ সময়ে ভারতীয় উদ্ভিদ-ভৌগোলিক অঞ্চলের পুনর্বিন্যাস করেন। তাঁহার মতে দাক্ষিণাত্য, মালাবার, পূর্ব হিমালয় ও মধ্য হিমালয় অঞ্চলের কোনো পরিবর্তন হয় নাই, কিন্তু সিন্ধুনদের সংলগ্ন সমতলভূমি অঞ্চল বলিতে প্রধানত রাজপুতানার শুষ্ক মরু অঞ্চল, যাহা বর্তমানে রাজস্থান নামে পরিচিত এবং পাঞ্জাব ও হিমাচল প্রদেশের আর্দ্র অঞ্চল বুঝায়। গাঙ্গেয় সমতলভূমি অঞ্চল হইতে পূর্ব বাংলা ও সুন্দরবনের অধিকাংশ অঞ্চল বাদ দেওয়া হইয়াছে, কারণ ইহা প্রাক্তন পূর্ব পাকিস্তান অধুনা বাংলাদেশ নামে পরিচিত। অনুরূপে পশ্চিম হিমালয় অঞ্চল হইতে উত্তর-পশ্চিম সীমান্ত প্রদেশকে বাদ দেওয়া হইয়াছে, কারণ ইহা বর্তমানে পশ্চিম পাকিস্তানের অন্তর্গত।

দ্বিতীয় অধ্যায়

ভারতীয় উদ্ভিদ অঞ্চলের উদ্ভিদের বিবরণ

(Flora of the Indian Phytogeographical regions)

ভারতের বিভিন্ন উদ্ভিদ-ভৌগোলিক অঞ্চলের যে সকল উদ্ভিদ দেখিতে পাওয়া যায় তাহাদের বিবরণ নিম্নে প্রদত্ত হইল। যথা—

দাক্ষিণাত্যের উদ্ভিদ

(Flora of the Deccan)

দাক্ষিণাত্য বলিতে গাঙ্গেয় সমতলভূমির সমগ্র দক্ষিণাঞ্চল এবং মালাবার বা পশ্চিমঘাট পর্বতমালার সমগ্র পূর্ব অঞ্চলের বিস্তীর্ণ মালভূমি বুঝায়। ইহা দুইটি উপঅঞ্চলের সমষ্টি ; যথা (*i*) পার্বত্য উচ্চ উপঅঞ্চল যাহা প্রকৃত দাক্ষিণাত্য নামে পরিচিত। ইহা পূর্বঘাট পর্বতমালা পর্যন্ত বিস্তৃত এবং (*ii*) করমণ্ডলীয় অঞ্চলের নিম্ন উপকূল অঞ্চল।

প্রথমোক্ত উপঅঞ্চলের উদ্ভিদগুলির মধ্যে কিছু সংখ্যক পূর্ব ও পশ্চিম হিমালয় অঞ্চলে, বঙ্গ, বিহার, আসাম ও ব্রহ্মদেশে দেখিতে পাওয়া যায়। ইহাদের মধ্যে *Shorea robusta* বা শাল গাছ এবং *Tectona grandis* বা সেগুন গাছের জঙ্গলই প্রধান। অন্যান্য জাঙ্গল উদ্ভিদের মধ্যে *Michelia champaca* বা চম্পক গাছ, *Dillenia aurea* বা চালতা গাছ, *Santalum album* বা শ্বেতচন্দন গাছ, *Cedrela toona* বা তুঁত গাছ, *Pterocarpus santalinus* বা লালচন্দন গাছ, *Butea frondosa* বা পলাশ গাছ, *Litsaea nitida* (লিটসিয়া নাইটিডা) প্রভৃতি প্রধান।

গুল্মজাতীয় উদ্ভিদগুলির মধ্যে *Bauhinia* বা কাঞ্চন, *Zizyphus* বা কুল, *Grewia* বা ফলসা, *Lagerstoemea* বা জারুল, *Holarhena* বা কুরচী, *Phyllanthus* বা আমলকী, *Woodfordia* বা ধাত্রীফুল প্রভৃতি প্রধান।

বীরুৎ শ্রেণী উদ্ভিদগুলির মধ্যে অধিকাংশই পশ্চিম বাংলা এবং বাংলাদেশে দেখিতে পাওয়া যায়। উহাদের মধ্যে Family Acanthaceae বা (অ্যাকানথাসী) এবং Commelinaceae বা (কমেলিনাসী) গোত্রীয় উদ্ভিদগুলি

সর্বোচ্চ স্থান অধিকার করে। ইহা ব্যতীত, Family Scitamineae (সিটামিনী) এবং Family Orchidaceae (অরকীডাসী) গোত্রীয় উদ্ভিদ অতি অল্পই দেখা যায়। *Bombusa aurandinacea* বা বাঁশ এবং পাম গোত্রীয় উদ্ভিদের মধ্যে *Dendrocalamus strictus* বা করাইল, *Calamus viminalis* (ক্যালামাস ভিমিন্যালিস) এবং *Borassus flabellifer* বা তাল গাছ প্রধান।

রোহিণীর মধ্যে *Hiptage* বা মাধবীলতা, *Dioscoria* বা চুপড়ী আলু, *Vitis* (ভাইটিস), *Smilax* বা কুমারীলতা, *Ipoemea* (আইপোমীয়া) প্রভৃতি দেখিতে পাওয়া যায়।

দাক্ষিণাত্যের একটি বৈশিষ্ট্য হইল যে, এই অঞ্চলে black soil বা কৃষ্ণ মৃত্তিকা দেখিতে পাওয়া যায়। যে সকল উদ্ভিদ এইরূপ মৃত্তিকায় জন্মায় তাহারা হইল *Cassia auriculata* (ক্যাসীয়া অরিকিউলাটা), *Calotropis procera* বা আকন্দ, *Hebiscus triomum* (হিবিসকাস ট্রায়োমাম), *Capparis divaricata* (ক্যাপারিস ডাইভ্যারিকাটা) প্রভৃতি।

করমণ্ডলীয় উপঅঞ্চলে যে সকল উদ্ভিদ জন্মায় তাহারা প্রকৃত দাক্ষিণাত্যের উদ্ভিদেরই অনুরূপ। কিন্তু নদীর মোহনার নিকট যে সকল উদ্ভিদ জন্মায় তাহারা প্রকৃত দাক্ষিণাত্যের উদ্ভিদ হইতে স্বল্প ভিন্ন প্রকৃতির। এই অঞ্চলে প্রধানত *Spinifex squarrosus* (স্পিনিফেক্স স্কোয়ারোসাস) নামক এক-প্রকার কণ্টকিত ঘাস এবং *Phoenix farinifera* (ফিনিক্স ফ্যারিনীফেরা) নামক এক প্রকার পাম গোত্রীয় উদ্ভিদের জঙ্গল দেখা যায়। ইহা ব্যতীত, বিভিন্ন প্রজাতির *Pterospermum* বা কনকচাঁপা, *Mimusops* বা বকুল, *Flacourtia* (ফ্ল্যাকুরটীয়া), *Strychnos nux vomica* বা নাক্স ভোমিকা উদ্ভিদও দেখিতে পাওয়া যায়।

পূর্ব হিমালয় অঞ্চলের উদ্ভিদ
(Flora of the Eastern Himalaya)

পূর্ব হিমালয় উদ্ভিদ-ভৌগোলিক অঞ্চল বলিতে দার্জিলিং, সিকিম, ভুটান এবং মিসমী পর্বতমালা পর্যন্ত পূর্ব দিকের বিস্তীর্ণ অঞ্চল বুঝায়। এই অঞ্চলে প্রচুর বৃষ্টিপাত হয় বলিয়া আর্দ্র জলবায়ু ও উর্বর জৈব মৃত্তিকার প্রভাবে বিভিন্ন

প্রকার উদ্ভিদ প্রচুর পরিমাণে জন্মায়। উচ্চতা অনুযায়ী এই অঞ্চলকে তিনটি মণ্ডলে ভাগ করা হয় ; যথা—

(*a*) Tropical বা উষ্ণমণ্ডল—ইহা সমতলভূমি হইতে প্রায় 2000 মিটার উচ্চতা পর্যন্ত বিস্তৃত। এই মণ্ডলের প্রধান প্রধান উদ্ভিদগুলির বিবরণ নিম্নে প্রদত্ত হইল। যথা—

(*i*) বৃক্ষ—*Shorea robusta* বা শাল, *Mangifera indica* বা আম, *Anona squamosa* বা আতা প্রভৃতি এবং Families Leguminosae (লেগুমিনোসী), Myrtaceae (মীরটাসী), Rubiaceae (রুবীয়াসী), Euphorbiaceae (ইউফরবিয়াসী) প্রভৃতি গোত্রের বৃক্ষ দেখিতে পাওয়া যায়। ইহা ব্যতীত, *Quercus* (কুয়েরকাস), *Salix* (শুলিক্স), *Populus* (পপুলাস), *Pinux* (পাইনাস), *Cycus* (সাইকাস) প্রভৃতি উদ্ভিদের কয়েকটি প্রজাতিও দেখা যায়।

জাঙ্গল উদ্ভিদের মধ্যে *Strobilanthes* (স্ট্রোবাইলানথিস প্রচুর পরিমাণে জন্মায়। ইহা ব্যতীত, *Melastoma* (মেলাস্টোমা), *Osbeckia* (অসবেকিয়া) প্রভৃতির প্রজাতিও দেখা যায়।

বীরুৎ শ্রেণী উদ্ভিদের মধ্যে Families Malvaceae (ম্যালভাসী), Orchidaceae (অরকীডাসী), Graminae (গ্রামিনী), Scitamineae (সিটামিনী) প্রভৃতি গোত্রের উদ্ভিদগুলি প্রধান।

রোহিণীর মধ্যে প্রধানত Families Convolvulaceae (কনভলভুলাসী), Cucurbitaceae (কিউকারবিটাসী), Asclepiadaceae (অ্যাসলিপিয়াডাসী), Apocyanaceae (অ্যাপোসীয়ানাসী), Vitaceae (ভিটাসী), Dioscoriaceae (ডায়োস্কোরীয়াসী) প্রভৃতি গোত্রের উদ্ভিদগুলি বিশিষ্ট স্থান অধিকার করে।

(*b*) Temperate zone বা নাতিশীতোষ্ণ মণ্ডল—এই মণ্ডল 2000 মিটার হইতে আরম্ভ করিয়া প্রায় 3500 মিটার উচ্চতা পর্যন্ত বিস্তৃত। এই মণ্ডলের অন্তর্গত নিম্ন অঞ্চলে বিভিন্ন প্রকার অর্কিড দেখিতে পাওয়া যায় কিন্তু ক্রমে যতই উচ্চে আরোহণ করা যায় Families Rosaceae (রোসাসী), Ericaceae (এরিকাসী), Labiatae (ল্যাবিয়াটি) প্রভৃতি গোত্রের উদ্ভিদ উহার স্থান অধিকার করে এবং উচ্চতা অধিকতর হইলে উহাদের পরিবর্তে Families Primulaceae (প্রীমুলাসী), Saxifragaceae (স্যাক্সিফ্রেগাসী), Crucifereae (ক্রুসিফেরী) প্রভৃতি গোত্রের

উদ্ভিদ দেখা যায়। এই মণ্ডলের প্রধান প্রধান উদ্ভিদগুলি নিম্নে বর্ণিত হইল। যথা—

(i) Coniferous forest বা কোনিফার জঙ্গল—*Pinus roxburghii* (পাইনাস রক্সবারগী), *Pinus insularis* (পাইনাস ইনসুল্যারিস), *Taxus baccata* (ট্যাক্সাস ব্যাকাটা), *Picea morinda* (পাইসিয়া মোরিণ্ডা), *Padocarpus latifolia* (পোডোকার্পাস ল্যাটিফোলিয়া), *Cephalotaxus manni* (কেফালোট্যাক্সাস ম্যানী), *Larix griffithii* (ল্যারিক্স গ্রীফিথী) প্রভৃতি অন্যান্য প্রধান উদ্ভিদগুলির মধ্যে *Magnolia campbellii* (ম্যাগনোলীয়া ক্যাম্পবেলী), *Bucklandia indica* (বাক্‌ল্যাণ্ডিয়া ইণ্ডিকা), *Quercus lamellosa* (কুয়ারকাস ল্যামেল্লোসা), *Betula alnoides* (বেটুলা অ্যালনয়ডিস), *Osbeckia* sp (অসবেকীয়ার প্রজাতি), *Vaccinium* sp (ভ্যাক্সিনিয়মের প্রজাতি), *Rhododendron arboreum* (রডোডেনড্রন আরবোরিয়ম), *Rubus* sp (রুবাসের প্রজাতি), *Rosa* sp (গোলাপের প্রজাতি) প্রভৃতি এবং Families Rosaceae (রোসাসী), Labiatae (ল্যাবিয়াটি), Primulaceae (প্রীমুলাসী) প্রভৃতি গোত্রের উদ্ভিদের প্রাচুর্য দেখা যায়।

(c) Alpine zone (অতুচ্চ মণ্ডল)—এই মণ্ডলের উচ্চতায় প্রায় 3500 মিটার হইতে আরম্ভ করিয়া প্রায় 5500 মিটার পর্যন্ত বিস্তৃত। এই মণ্ডলে Family Orchidrceae বা অর্কিডাসী গোত্রীয় উদ্ভিদ সম্পূর্ণ বিলুপ্ত এবং ইহার স্থানে Family Compositae বা কম্পোজিটি গোত্রীয় উদ্ভিদের আবির্ভাব ঘটে। ইহা ব্যতীত, Family Primulaceae (প্রীমুলাসী), Saxifragaceae (স্যক্সীয়েগাসী), Ranunculaceae (র‍্যানালকুলাসী), Caryophyllaceae (ক্যারিওফাইলাসী) প্রভৃতি গোত্রের বিভিন্ন উদ্ভিদ এই মণ্ডলে দেখিতে পাওয়া যায়।

পশ্চিম হিমালয় অঞ্চলের উদ্ভিদ
(Flora of the Western Himalaya)

পূর্ব হিমালয় অঞ্চল অপেক্ষা এই অঞ্চলের বৃষ্টিপাত কম বলিয়া আবহাওয়া অপেক্ষাকৃত শুষ্ক এবং শীতল। অধিকন্তু পূর্ব হিমালয় অঞ্চল অপেক্ষা এই অঞ্চলে Family Orchidaceae বা রাসনা গোত্রীয় উদ্ভিদের সংখ্যা

অপেক্ষাকৃত কম এবং Family Urticaceae (আর্টিকেসী), Rubiaceae (রুবীয়াসী) ও Euphorbiaceae (ইউফরবীয়াসী) সম্পূর্ণ বিলুপ্ত এবং ইহার স্থানে Families Labiatae (ল্যাবিয়াটী), Ranuculaceae (র‍্যানানকুলসী) এবং Cruciferae (ক্রুসীফেরী) গোত্রের উদ্ভিদের আবির্ভাব ঘটে। উচ্চতা অনুযায়ী এই অঞ্চলকে যথারীতি তিনটি মণ্ডলে ভাগ করা হইয়াছে। বিভিন্ন মণ্ডলের উদ্ভিদের বিস্তার নিম্নে বর্ণিত হইল। যথা—

(*a*) Tropical zone বা উষ্ণ মণ্ডল—সমতল ভূমি হইতে এ মণ্ডলের উচ্চতা প্রায় 1700 মিটার পর্যন্ত বিস্তৃত। প্রধান উদ্ভিদগুলি হইল *Nerium indicum* বা করবী, *Punica granatum* বা ডালিম, *Cocculus laurifolius* (ককুলাস লরিফোলিয়াস), *Calamus tenuis* বা বেত, *Roylea elegans* (রয়লীয়া এলিগ্যান্স) *Halopterea integrifolia* (হলোপটেরা ইনিটিগ্রিফোলিয়া), *Engelhardtia Colebrookeana* (এনজেলহার্ডটিয়া কোলি ব্রুকীয়ানা)। *Shorea robusta* বা শালগাছ সম্পূর্ণ বিলুপ্ত। ইহা ব্যতীত, *Phoenix Sylvestris* বা খেজুর, *Calamus tenuis* বা বেত, *Dendrocalamus strictus* বা করাইল, *Bulbophyllum* (বালবোফাইলাম) প্রভৃতি উদ্ভিদও পাওয়া যায়।

(*b*) Temperate zone বা নাতিশীতোষ্ণ মণ্ডল—এই মণ্ডলের উচ্চতা 1700 মিটার হইতে আরম্ভ করিয়া গড়ে প্রায় 3200 মিটার পর্যন্ত বিস্তৃত। Larix (ল্যারিক্স) ব্যতীত পূর্ব হিমালয় অঞ্চলের সকল প্রকার Conifer (কোনিফার)-ই এই অঞ্চলে দেখা যায়। অধিকন্তু Conifer (কোনিফার)-এর মধ্যে *Pinus longifolia* (পাইনাস লংগিফোলীয়া), *Pinus excelsa* (পাইনাস এক্সেলসা), *Pinus geradiana* (পাইনাস জেরাড়িয়ানা), *Abies pindrow* (অ্যাবিস পিনড্রো), *Juniperous macropoda* (জুনিপেরস ম্যাক্রোপোডা), *Cupressus torulosa* (কাপ্রেসাস টরুলোসা), এবং অন্যান্য উদ্ভিদের মধ্যে *Quercus incana* (কুয়ারকাস ইনক্যানা), *Quercus dilatata* (কুয়ারকাস ডাইলেটেটা), *Betula utilis* (বেটুলা ইউটিলিস); *Prunus insititia* (প্রুনাস ইনসিটিটিয়া), *Rosa webbiana*, এক প্রকার গোলাপ, *Rosa moschata*, এক প্রকার গোলাপ *Rhododendron* sp (রোডোডেনড্রনের প্রজাতি), *Nymphaea alba* বা শালুক প্রভৃতি উদ্ভিদেরও প্রচুর সমাবেশ দেখা যায়। ইহা ব্যতীত, Palm পাম ও কয়েক প্রকারের ক্ষুদ্র আকৃতির বাঁশ এই অঞ্চলে দেখা যায়।

(c) Alpine zone (অত্যুচ্চ মণ্ডল)—এই মণ্ডলও পূর্ব হিমালয় অঞ্চলের ন্যায় 3500 মিটার হইতে আরম্ভ করিয়া প্রায় 5500 মিটার পর্যন্ত বিস্তৃত। পূর্ব হিমালয়ের Families Primulaceae (প্রিমুলাসী) ও Scrophulariaceae (.স্কফুলারীয়াসী) গোত্রের উদ্ভিদগুলি এই অঞ্চলে সম্পূর্ণ লুপ্ত এবং ইহার পরিবর্তে Families Leguminosae (লেগুমিনোসী) এবং Gentianaceae (জেনসীয়ানেসী) গোত্রীয় উদ্ভিদের আবির্ভাব হইতে দেখা যায়। বিভিন্ন প্রকার ঘাস এই অঞ্চলে প্রচুর প রিমাণে জন্মায়। অন্যান্য উদ্ভিদের মধ্যে *Potentillia* (পাটেনটিলিয়া), *Gentiana* (জেনসীয়ানা), *Juncus* (জানকাস), *Rheum* (রিয়াম), *Tanaceum Corex* (ক্যারেক্স), *Artemisia* (আরটিমিসিয়া) প্রভৃতি প্রধান।

গাঙ্গেয় সমতলভূমির উদ্ভিদ

(Flora of the Gangetic Plain)

গাঙ্গেয় সমতলভূমি অঞ্চল উত্তর ভারতের সিন্ধুনদ সংলগ্ন সমতলভূমি অঞ্চলের পূর্বদিক হইতে আরম্ভ করিয়া বঙ্গদেশের গঙ্গানদীর মোহনা পর্যন্ত বিস্তীর্ণ ভূখণ্ড বরাবর বিস্তৃত। ইহা তিনটি উপঅঞ্চলের সমষ্টি।

1. উপরের শুষ্ক উপঅঞ্চল—ইহা পাঞ্জাব হইতে আরম্ভ করিয়া উত্তর প্রদেশের অধিকাংশ ও পূর্বে এলাহাবাদ পর্যন্ত বিস্তৃত। এই অঞ্চলে প্রধানত বালুকাময় দোঁ-আঁশ মৃত্তিকা দেখা যায় এবং আবহাওয়া চরম। মৃত্তিকা উর্বর বলিয়া এই অঞ্চলে Wheat বা গম, Jowar (জোয়ার), Maize বা ভুট্টা, Sugarcane ইক্ষু প্রভৃতি ফসল প্রচুর পরিমাণে জন্মায়। সাধারণ উদ্ভিদ নিম্নের উপঅঞ্চলের ন্যায় জন্মাইয়া থাকে।

2. নিম্নের আর্দ্র উপঅঞ্চল—এই উপঅঞ্চল বলিতে উত্তর প্রদেশের অবশিষ্টাংশ, বিহার, উড়িষ্যা এবং বঙ্গদেশকে বুঝায়। এই স্থানের বৃষ্টিপাত অপেক্ষাকৃত অধিক বলিয়া মৃত্তিকা আর্দ্র ও উর্বর। সেইজন্য *Oryza sativa* বা ধান, *Corchorus capsularis* এবং *C. obitorius* বা পাট, *Saccharum officinarum* বা ইক্ষু, *Nicotian tabacum* বা তামাক, *Triticum aestirum* বা গম, *Gossypium herbaceum* এবং *Ghirsutum* বা তুলা প্রভৃতির উত্তম চাষ হইয়া থাকে। সাধারণ বৃক্ষ এবং গুল্মের মধ্যে *Mangifera*

indica বা আম, *Artocarpus integrefolia* বা কাঁঠাল, *Ficus benghalensis* বা বট, *F. religiosa* বা অশ্বত্থ, *Tectona grandis* বা সেগুন, *Tamarindus indicus* বা তেঁতুল, *Hibiscus rosasinesis* বা জবা প্রভৃতি প্রধান। বীরুৎ শ্রেণী উদ্ভিদের মধ্যে Croton (ক্রোটোন), *Brassica* বা সরিষা, *Oldenlandia* (ওলডেনল্যাণ্ডিয়া), *Lantana* (ল্যানটানা), *Lippia* লিপ্পিয়া), প্রভৃতি দেখা যায়।

3. Sundarbans (সুন্দরবন)—গঙ্গা নদীর মোহনার নিকটে অবস্থিত ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র ব-দ্বীপ লইয়া সুন্দরবন উপঅঞ্চল গঠিত। Sir David Prain (স্যার ডেভিড প্রেন)-এর মতে এই উপঅঞ্চলে প্রায় তিন শত বিভিন্ন প্রজাতির সপুষ্পক উদ্ভিদ এবং সতরটি বিভিন্ন প্রজাতির টেরিডোফাইট দেখিতে পাওয়া যায়।

সুন্দরবন উপঅঞ্চলের সাধারণ উদ্ভিদগুলিকে mangrove plants বা গরানজাতীয় উদ্ভিদ বলে। ইহাদের মধ্যে কয়েকটি প্রজাতি সম্পূর্ণরূপে endemic বা স্থানীয়। গরানজাতীয় উদ্ভিদের একটি বিশেষত্ব হইল যে ইহাদের কতকগুলি প্রজাতি মৃত্তিকাতল হইতে প্রচুর pneumatophores বা শ্বাসমূল নির্গত করে। সেইজন্য যে বনাঞ্চলে এই প্রকার উদ্ভিদ জন্মায় তাহাতে যাতায়াত করা সহজসাধ্য নহে। Vivipary বা জরায়ুজ অঙ্কুরোদ্গম গরানজাতীয় উদ্ভিদের আরও একটি বিশেষত্ব। গরানজাতীয় উদ্ভিদের কয়েকটি প্রধান প্রজাপতির সম্বন্ধে নিম্নে বর্ণিত হইল, যথা—*Rhizophora mucronata* বা বোড়া অথবা খামু, *Ceriops roxburghiana* বা গরান, *Sonnerstia apetala* বা সুন্দরী, *Avicennia officinalis* বা বিনা, *Brugniera gymnorhiza* বা কাংক্রা, *Acanthus ilicifolius* বা হারগুজা প্রভৃতি। ইহা ব্যতীত, *Nipa fruticans* বা গোলপাতা এবং *Phoenix paludosa* বা হিনটাল নামক দুই প্রকার *Palm* (পাম) দেখিতে পাওয়া যায়।

নদীর মোহনায় যে সকল lianes বা কাষ্ঠল লতা জন্মায় তাহাদের মধ্যে *Mueuna gigantea* বা আলকুশী, *Satcolobus globosus* বা বাদলীলতা, *Hibiscus tiliaceous* বা ভোলা, *Finlaysonia obovata* বা দুধীলতা, *Dalburgia torta* (ডালবারগীয়া টরটা) প্রভৃতি প্রধান।

নিম্ন উপঅঞ্চলের কয়েকটি উদ্ভিদও সুন্দরবন উপঅঞ্চলে দেখিতে পাওয়া যায়। ইহাদের মধ্যে Aegle marmelas বা বেল, Zizyphus mauratiana বা কুল, Cassia fistula বা সোন্দাল, Vitez negundo বা নিশিন্দা

Barringtonia acutangula) (ব্যারিংটনিয়া অ্যাকুট্যানগুলা), Ixora parviflora বা রঙ্গন, Kleinahovia hospita বা খোলা, Calamus rotang বা চাঁচীবেট প্রভৃতি প্রধান। ইহা ব্যতীত Oryza coarctata (ওরাইজা কোয়ার্কটাটা) এবং Myriostachya wightiana (মাইরীওস্ট্যাকীয়া ওয়েটিআনা) নামক দুইটি দীর্ঘ আকৃতির ঘাস দেখিতে পাওয়া যায়। ইহা আশ্চর্য ব্যাপার যে সুন্দরবনের লবণাক্ত মৃত্তিকায় কোনও প্রকার বাঁশ জন্মাইতে দেখা যায় না।

কয়েক প্রকার পরাশ্রয়ী অর্কিডের প্রজাতি দেখিতে পাওয়া যায় এবং ইহাদের মধ্যে *Cirrhopetalum* নামক প্রজাতিটি হইল স্থানীয়। পরাশ্রয়ী উদ্ভিদগুলির মধ্যে সাধারণত *Cassytha* বা আকাশবেল, *Cuscuta* বা স্বর্ণলতা, *Loranthus* বা মান্দা এবং *Viscum* বা বান্দা প্রধান। জলজ উদ্ভিদগুলির মধ্যে *Utricularia* বা ঝাঁজি, *Pistia* বা টোকা পানা, *Hydrocharis* (হাইড্রোক্যারিস), *Eichhornia* বা কচুরিপানা প্রভৃতি দেখিতে পাওয়া যায়। Families Lemnaceae (লেমনেসী) এবং Nympheaceae (নিমফিয়াসী) গোত্রীয় উদ্ভিদগুলি এই উপঅঞ্চলে সম্পূর্ণরূপে লুপ্ত।

সপ্তম ভাগ

শারীরবৃত্তি

(Plant Physiology)

প্রথম অধ্যায়

কোলয়ডীয় দ্রবণ

(Colloidal Solution)

লবণ অথবা শর্করা জলে দ্রবীভূত করিলে যে দ্রবণ উৎপন্ন হয় উহাতে লবণ অথবা শর্করার আকৃতি সম্পূর্ণরূপে বিলুপ্ত হয় এবং উহারা অণু অথবা আয়নে বিভেদিত হইয়া জলে ইতস্তত: ভাসমান অবস্থায় থাকে। ইহাকেই প্রকৃত দ্রবণ বলা হয়। কিন্তু খড়িমাটির অতি সূক্ষ্ম চূর্ণ লইয়া জলে নিক্ষেপ করিলে যে দ্রবণ উৎপন্ন হয় তাহাতেও ঐ চূর্ণগুলি ভাসমান অবস্থায় থাকে কিন্তু পরে উহা থিতাইয়া পাত্রের তলদেশে জমা হয়। এই প্রকার দ্রবণকে suspension বা অবলম্বন বলে। আবার তৈল এবং জলের মিশ্রণ লইয়া কিছুক্ষণ রাখিয়া দিলে দেখা যাইবে যে, তৈল জল হইতে পৃথক হইয়া উপরে ভাসিতে থাকে। এইরূপ দ্রবণকে emulsion বা অবদ্রব বলে। অতএব দেখা যাইতেছে যে, অবলম্বন ও অবদ্রব উভয় প্রকার দ্রবণেই পদার্থের নিজ নিজ আকৃতিগত বৈশিষ্ট্য বজায় থাকে। এবং দ্রবণের পদার্থগুলি কিয়ৎক্ষণ রাখিবার পর পরস্পর পৃথক হইয়া যায় বলিয়া ইহা অস্থায়ী দ্রবণ। অস্থায়ী অবদ্রবের ক্ষেত্রে emulsifier বা অবদ্রব ধারক পদার্থ দ্রবণে মিশ্রিত করিলে স্থায়ী অবদ্রব প্রস্তুত করা যায়। এই প্রকার অবলম্বন বা অবদ্রবকে colloidal solution বা কোলয়ডীয় দ্রবণ বলা হয়। অতএব দেখা যাইতেছে যে, কোলয়ডীয় দ্রবণের দুইটি phase বা দশা আছে ; যথা, dispersing বা continuous phase বা অবিচ্ছিন্ন দশা অর্থাৎ যে দশায় মাধ্যমটি পদার্থের কণিকাগুলিকে বিক্ষিপ্ত বা অবিচ্ছিন্ন অবস্থায় ধারণ করিয়া রাখে এবং dispersed বা discontinuous phase বা বিচ্ছিন্ন দশা অর্থাৎ যে দশায় পদার্থের কণিকাগুলি বিক্ষিপ্ত অবস্থার মাধ্যমে অবস্থান করে।

কোলয়ডীয় দ্রবণ তরল হইলে তাহাকে sol (সল) বলে এবং সল ক্রমশ ঘনীভূত হইলে তখন ইহাকে জেলীর ন্যায় দেখিতে হয়। এইরূপ ঘনীভূত সলকে gel (জেল) বলে।

Colloidal properties of Protoplasm (প্রোটোপ্লাজমের কোলয়ডীয় ধর্ম)

অতি উচ্চ শক্তিশালী অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে প্রোটোপ্লাজমকে পরীক্ষা

করিলে দেখা যায় যে, ইহাতে এক প্রকার চর্বিজাতীয় পদার্থ একটি তরল মাধ্যমে বিক্ষিপ্তভাবে অবস্থান করে। সেই কারণে প্রোটোপ্লাজমকে অবদ্রব শ্রেণীর অন্তর্গত কোলয়ডীয় দ্রবণ বলিয়া গণ্য করা হয়।

প্রোটোপ্লাজমের বহির্ভাগে একটি পাতলা membrane বা ঝিল্লী থাকে যাহা প্রোটোপ্লাজমকে বহির্মাধ্যম হইতে পৃথক করিয়া রাখে। অনুরূপে সাইটোপ্লাজম ও ভ্যাকুওলের সংযোগ স্থলে অপর একটি পাতলা ঝিল্লী থাকে। এই ঝিল্লীগুলিকে যথাক্রমে outer and inner plasma membranes বা বহিঃ এবং অন্তঃ প্লাজমা ঝিল্লী বলা হয়। এই ঝিল্লী semi-permeable বা আংশিক ভেদ্য অর্থাৎ ইহাদের মধ্য দিয়া diffusion বা ব্যাপনক্রিয়ার দ্বারা বহিস্থ জল কোষমধ্যে প্রবেশ করে। প্রোটোপ্লাজমের কোলয়ডীয় ধর্ম আছে বলিয়া এই প্রকার ব্যাপনক্রিয়া সম্ভবপর।

প্রোটোপ্লাজমের তাপমাত্রা অথবা অম্লতার পরিবর্তন সাধন করিলে অথবা ইহাকে বিদ্যুৎ স্পর্শ করিলে ইহার viscosity বা সান্দ্রতার পরিবর্তন হয়। এই প্রকার গুণ কোলয়ডীয় দ্রবণেও দেখিতে পাওয়া যায়।

কোলয়ডীয় কণাগুলিকে বিশেষ প্রকৃতির অতি শক্তিশালী অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে পরীক্ষা করিলে দেখা যায় যে ইহাদের ইতস্ততঃ চলন আছে। এই প্রকার চলনকে Brownian movement বা ব্রাউনীয় চলন বলে। কোলয়ডীয় কণিকাগুলি বিচ্ছিন্ন দশায় পজিটিভ অথবা নেগেটিভ আধানযুক্ত হয়। সম-আধানযুক্ত কণিকাগুলির পরস্পর বিকর্ষণের ফলেই ব্রাউনীয় চলন দেখা যায়, কিন্তু ইহাদের মধ্যে কখনই সংঘাত ঘটে না। কণিকাগুলি কোনো নির্দিষ্ট আকার অতিক্রম করিলেই ব্রাউনীয় চলন বন্ধ হয়ে যায়। জলে ভাসমান pollen grains বা পরাগে ব্রাউনীয় চলন সহজেই দেখা যায়।

কোলয়ডীয় দ্রবণের মধ্য দিয়া আলোকরশ্মি পাঠাইলে দেখা যাইবে যে, দ্রবণের মধ্যে রশ্মিটি সুস্পষ্ট উজ্জ্বল আকার ধারণ করিয়াছে। ইহার কারণস্বরূপ বলা যায় যে আলোক রশ্মিটি কোলয়ডীয় কণাগুলি কর্তৃক polarised বা সমবর্তিত হয় বলিয়া দ্রবণের মধ্যে ইহা উজ্জ্বল ও সুস্পষ্ট হয় কিন্তু কণিকাগুলি ইহাতে দৃষ্টিগোচর হয় না। এইরূপ ঘটনাকে Tyndal phenomenon বা টিণ্ডাল ঘটনা বলে।

বিভিন্ন পদার্থ কর্তৃক কঠিন অথবা জলীয় পদার্থের অতিশয় পাতলা স্তরকে ধারণ করিয়া রাখিবার ক্ষমতাকে adsorption (অ্যাডসর্পশন) বলে। ইহা

অবিদিত নহে যে, স্টার্চ আয়োডিনের সংস্পর্শে আসিলে ইহা নীল হইতে কৃষ্ণবর্ণ ধারণ করে। এই ক্ষেত্রে স্টার্চ আয়োডিনের দ্রবণকে অ্যাডসর্পশন প্রক্রিয়ায় ধারণ করিয়া রাসায়নিক বিক্রিয়া সাধন করে। অনুরূপে উদ্ভিদের কোষপ্রাচীর, ক্রোমোজোম প্রভৃতি অ্যাডসর্পশন প্রক্রিয়ায় বিভিন্ন stains বা রঞ্জক পদার্থ গ্রহণ করে। প্রোটোপ্লাজমের কোলয়ডীয় ধর্ম আছে বলিয়া প্রায় সকল জীবিত কোষেই অ্যাডসর্পশন দেখা যায়। বিভিন্ন enzyme (এনজাইম) কর্তৃক উদ্ভিদের বিপাকীয় কার্য প্রধানত জলের অ্যাডসর্পশনের ফলেই সংঘটিত হয়।

Difference between absorption and adsorption (শোষণ এবং অ্যাডসর্পশনের মধ্যে পার্থক্য)

শোষণ	অ্যাডসর্পশন
1. এই প্রক্রিয়ায় capillary force বা কৈশিক শক্তি ক্রিয়া করে।	1. এই প্রক্রিয়ায় surface force বা তরলের উপরি স্তর হইতে উদ্ভূত শক্তি ক্রিয়া করে।
2. ইহা cohesion বা সংশক্তি প্রণালীর বশবর্তী।	2. ইহা adhesion (অ্যাঢিশন) প্রণালীর বশবর্তী।
3. স্পঞ্জ বা ব্লটিং কাগজ কর্তৃক জলশোষণ হইল ইহার উদাহরণ।	3. কাঠ কয়লা কর্তৃক রঞ্জক পদার্থ গ্রহণ হইল ইহার উদাহরণ।

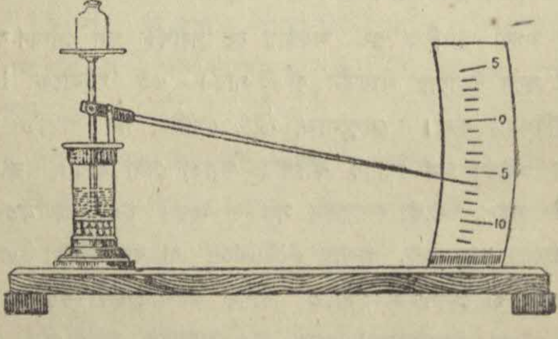
Imbibition (ইমবাইবিশন)

শুষ্ক অথবা আংশিক শুষ্ক অবস্থায় বহু পদার্থই জল শোষণ করে। এই শোষণের ফলে উহাদের আয়তন বৃদ্ধি পায়। এই ঘটনাকে imbibition (ইমবাইবিশন) বলে। সেলুলোজ, স্টার্চ, প্রোটিন, গঁদ প্রভৃতি বহু প্রকার পদার্থেরই এইরূপ জল শোষণ করিবার ক্ষমতা দেখা যায়। জলের অভাব ঘটিলে ঐ সকল পদার্থের আয়তন সঙ্কুচিত হয়। ইহা প্রধানত osmosis বা আস্রবণের ন্যায় এক প্রকার diffusion বা ব্যাপনক্রিয়া এবং সম্ভবত capiliarity বা কৈশিকত্ব ইহাতে বিশেষ অংশ গ্রহণ করে। যে সকল পদার্থের এইরূপ ইমবাইবিশন দেখা যায় তাহাদের অতি সূক্ষ্ম ছিদ্র থাকে যাহার মধ্য দিয়া জল উহাতে প্রবেশ করে। উহাদের সহিত জলের এক প্রকার আকর্ষণ শক্তিও ক্রিয়া করে। ইমবাইবিশন প্রক্রিয়ায় পদার্থ এবং তরলের মধ্যে একটি সম্পর্ক দেখা যায়। উদাহরণস্বরূপ বলা যায় যে, একখণ্ড রবার

প্রচুর ইথার শোষণ করিতে পারে কিন্তু জল শোষণ করিতে পারে না কিন্তু ফার্ন গাছের শুষ্ক রেণু অথবা অঙ্কুরিত হইবার সময় বীজ প্রচুর জল শোষণ করে; কিন্তু ইথার শোষণ করিতে পারে না। মনে রাখিতে হইবে যে, জীবিত উদ্ভিদ কোষ ইমবাইবিশন প্রক্রিয়ায় কেবলমাত্র জল শোষণ করে। কোষমধ্যস্থ জলের diffusion pressure বা ব্যাপন চাপ এবং বহিস্থ জলের ব্যাপন চাপের মধ্যে যতক্ষণ পার্থক্য থাকিবে ততক্ষণ ইমবাইবিশন প্রক্রিয়া সংঘটিত হইতে থাকিবে কিন্তু উহারা পরস্পর সমান হইলেই ইহা বন্ধ হইয়া যাইবে। ইহাতে পদার্থগুলি অ্যাডসর্পশন প্রক্রিয়ায় জল ধারণ করিয়া রাখে এবং সমগ্র প্রক্রিয়াটি কোষপ্রাচীরের কোলয়ডীয় প্রকৃতির উপর নির্ভর করে। বহিস্থ তরলের তাপমাত্রা, pH-এর মান, প্রভৃতির সহিত এই প্রক্রিয়ার সম্পর্ক রহিয়াছে এবং ইমবাইবিশন সংঘটিত হইলে বহিস্থ তরলের তাপমাত্রাও বৃদ্ধি পায়। দেখা গিয়াছে যে, ইমবাইবিশন প্রক্রিয়া সংঘটিত হইবার পর পদার্থ এবং শোষিত জলের মিলিত ওজন ইমবাইবিশনের পূর্বে পদার্থ এবং অশোষিত ঐ জলের মিলিত ওজন অপেক্ষা কম। ইমবাইবিশিন প্রক্রিয়ার ফলে বহিস্থ তরলে প্রচুর চাপের সৃষ্টি হয়। এই চাপকে imbibition pressure বা ইমবাইবিশন চাপ বলে। নিম্নে ইমবাইবিশন প্রক্রিয়াটি একটি পরীক্ষা দ্বারা বুঝান হইল:

১নং পরীক্ষা: Imbibition (ইমবাইশিন: ৩৫নং চিত্র)

একটি ধাতব ঢাক্‌নি সমেত কাচের পাত্র লও। ঢাক্‌নির মধ্যস্থলে একটি ছিদ্র আছে যাহার মধ্যে একটি piston (পিস্টন) প্রবেশ করান হইয়াছে। পাত্রের



৩৫নং চিত্র—ইমবাইবিশন পরীক্ষা

বহির্ভাগে অবস্থিত পিস্টন দণ্ডের শেষপ্রান্তে একটি ওজন রাখিবার পাত্র আছে। এই পাত্রের কিছু নিম্নে একটি pointer (নির্দেশক কাঁটা) এইরূপভাবে আটকান

আছে যাহাতে উহা পিস্টনের অবস্থানের পরিবর্তনের সাথে কিছুদূরে অবস্থিত graduated scale (অংশাঙ্কিত স্কেল)-এর উপর ঘুরিতে পারে।

এখন পাত্রের মধ্যে কিছু শুষ্ক মটরের বীজ লইয়া স্বল্প জলদ্বারা সিক্ত কর। পিস্টনটিকে এইরূপে স্থাপন কর যাহাতে ইহার বিস্তৃত প্রান্ত বীজগুলির উপরের তলকে স্পর্শ করে। এখন ওজন রাখিবার পাত্রে উপযুক্ত ওজন রাখিয়া নির্দেশক কাঁটার প্রারম্ভিক অবস্থান লক্ষ্য কর। 2/3 ঘন্টা পরে দেখা যাইবে যে, নির্দেশক কাঁটার অবস্থানের পরিবর্তন হইয়াছে অর্থাৎ ইহা নামিয়া গিয়াছে। অতএব দেখা যাইতেছে যে, ইমবাইবিশনের ফলে বীজগুলি ঊর্ধ্বচাপ প্রয়োগ করে। নির্দেশক কাঁটার এইরূপ অবস্থানের পরিবর্তনের হিসাব করিয়া ঊর্ধ্বচাপের পরিমাণ নির্ণয় করা যায়।

দ্বিতীয় অধ্যায়

ব্যাপনক্রিয়া ও আস্রবণ
(Diffusion and Osmosis)

পদার্থের Kinetic theory বা গতিসূত্র অনুযায়ী কঠিন, তরল এবং গ্যাসীয় পদার্থের অণু অথবা পরমাণুগুলির বিভিন্ন গতিপথে সর্বদাই চলন দেখা যায়। এই প্রকার চলন কখনই gravitation বা অভিকর্ষের বশবর্তী নহে। পদার্থের এই প্রকার গুণকে diffusion বা ব্যাপনক্রিয়া বলে। বিভিন্ন পদার্থের মিশ্রণকে একটি membrane বা ঝিল্লীর দ্বারা পৃথক করিলে দেখা যায় যে, প্রতিটি পদার্থের ক্ষেত্রে অধিক ঘনত্বের অথবা উচ্চচাপ-সম্পন্ন অণু বা আয়নগুলি সর্বদাই স্বল্প ঘনত্বের অথবা নিম্নচাপ-সম্পন্ন অণু বা আয়নগুলির দিকে ব্যাপিত হয়। এককথায় বলিতে গেলে ব্যাপনক্রিয়া কোনো পদার্থের অধিক কার্যকর অঞ্চল হইতে স্বল্প কার্যকর অঞ্চলে সম্পাদিত হয়।

উদ্ভিদের ক্ষেত্রেও ব্যাপনক্রিয়া দেখিতে পাওয়া যায়। কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং অক্সিজেন পত্ররন্ধ্রের মধ্য দিয়া উদ্ভিদকোষে ব্যাপিত হয়। অনুরূপে খনিজ লবণ ও জল এই প্রক্রিয়ায় মূলরোমের মধ্য দিয়া উদ্ভিদদেহে প্রবেশ করে। সালোক-সংশ্লেষ, শ্বাসকার্য, প্রস্বেদন, জলশোষণ খাদ্য-সংবহন প্রভৃতি অত্যাবশ্যকীয় জৈবনিক ক্রিয়াগুলিতে ব্যাপনক্রিয়া অতি প্রয়োজনীয় অংশ গ্রহণ করে।

Diffusion through membranes (ঝিল্লীর মাধ্যমে ব্যাপনক্রিয়া)

তিন প্রকারের ঝিল্লী সচরাচর দেখা যায় ; যথা—

(*a*) *Permeable membrane* বা ভেদ্য ঝিল্লী—এই প্রকার ঝিল্লীর মধ্য দিয়া solute বা দ্রাব্য এবং solvent বা দ্রাবক উভয় প্রকার পদার্থের কণিকাই ব্যাপিত হয়। নবগঠিত সেলুলোজ-নির্মিত কোষপ্রাচীর হইল এই প্রকারের ঝিল্লী।

(*b*) *Impermeable membrane* বা অভেদ্য ঝিল্লী—এই প্রকার ঝিল্লীর মধ্য দিয়া দ্রাব অথবা দ্রাবক, কোনো পদার্থের কণিকাই ব্যাপিত হয় না। সুবেরীন-যুক্ত অতিমাত্রায় কিউটিনযুক্ত কোষপ্রাচীর হইল অভেদ্য ঝিল্লী।

(*c*) *Semipermeable membrane* বা আংশিক ভেদ্য ঝিল্লী—এই প্রকার ঝিল্লীর মধ্য দিয়া কেবল মাত্র solvent বা দ্রাবক পদার্থের কণিকাগুলিই

ব্যাপিত হয় কিন্তু solute বা দ্রাব পদার্থগুলি অব্যাপিত থাকিয়া যায়। প্রকৃতপক্ষে osmosis বা আস্রবণ হইল এই প্রকার ব্যাপনক্রিয়া। মূলরোমের সেলুলোজ-নির্মিত কোষপ্রাচীর আংশিক ভেদ্য ঝিল্লীর ন্যায় আচরণ করে। সেইজন্য বহিস্থ কতিপয় প্রয়োজনীয় selected বা মনোনীত পদার্থের জলীয় দ্রবণ ইহার মধ্য দিয়া মূলরোমে প্রবেশ করে।

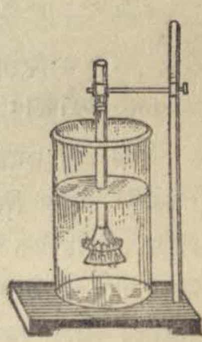
Osmosis বা আস্রবণ

কোনো পদার্থের দুইটি ভিন্ন ঘনত্বের দ্রবণ, যথা, একটি লঘু এবং অপরটি ঘন একটি semipermeable membrane বা আংশিক ভেদ্য ঝিল্লীর দ্বারা পৃথক করিলে দেখা যায় যে, লঘু দ্রবণ হইতে জলের অণু ব্যাপিত হয়। এই প্রকার ব্যাপনকে osmosis বা আস্রবণ বলে। যতক্ষণ না দুইটি দ্রবণ একই ঘনত্বে পরিণত হয় অর্থাৎ ইহারা equllibrium বা সাম্য অবস্থায় উপনীত হয়, ততক্ষণ পর্যন্ত এইরূপ আস্রবণ চলিতে থাকে। ঝিল্লীটি আংশিক ভেদ্য হইলেও দেখা যায় যে, স্বল্প পরিমাণ জল অথবা দ্রাব পদার্থের অণু ইহার মধ্য দিয়া ঘন দ্রবণ হইতে লঘু দ্রবণে প্রবেশ করে। আস্রবণের ফলে যে চাপের সৃষ্টি হয় তাহাকে osmotic pressure বা আস্রবণ চাপ বলে।

নিম্নলিখিত পরীক্ষাগুলির দ্বারা আস্রবণ চাপ নির্ণয় করা যায়; যথা—

২নং পরীক্ষা: Osmoscope (অসমোস্কোপ : ৩৬ নং চিত্র)

একটি কাচের ফানেল লইয়া ইহার চওড়া মুখটি একটি parchment paper (পার্চমেন্ট কাগজ) বা fish bladder (মাছের পটকা)-র দ্বারা বাঁধ। ফানেল দণ্ডের সহিত একটি দীর্ঘ কাচনল রবার নলের দ্বারা সংযুক্ত কর। বাঁধন ও সংযোগস্থলগুলি উপযুক্তরূপে জলরোধক ও বায়ুরোধক কর। এখন কাচনলের মধ্য দিয়া ফানেলের মধ্যে কিছু শর্করার দ্রবণ ঢাল ও উহার মুখটিকে একটি জলপূর্ণ বীকারে ডুবাইয়া দাও। লক্ষ্য রাখিতে হইবে যেন কাচনলটি খাড়াভাবে থাকে। কাচনলে শর্করা দ্রবণের অবস্থান লক্ষ্য কর। 2-3 ঘণ্টা পরে পুনরায় দ্রবণের অবস্থান লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, ইহার তল কিছু উপরে উঠিয়াছে।



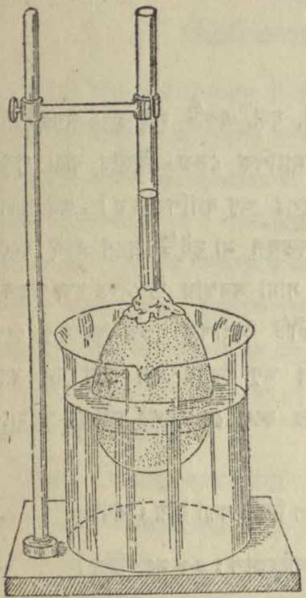
৩৬নং চিত্র—অসমোস্কোপ

ইহা হইতে বুঝিতে পারা যায় যে osmosis (আস্রবণ) প্রক্রিয়ায় বীকারে

জল পার্চমেন্ট কাগজ অথবা মাছের পটকার মধ্য দিয়া ফানেলের মধ্যে প্রবেশ করিয়াছে।

৩নং পরীক্ষা : Egg osmoscope (ডিম্ব অসমোস্‌কোপ : ৩৭ নং চিত্র)

একটি ডিম লইয়া উহার উপরিভাগে একটি ছিদ্র করিয়া ভিতরের অংশগুলি বাহির কর। ছিদ্রের মধ্যে একটি কাচনল সংযুক্ত করিয়া সংযোজক স্থানটিকে বায়ুরোধক কর। ডিমের খোলার প্রায় অর্ধাংশ লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের মধ্যে ডুবাইয়া রাখিলে কঠিন অংশ দ্রবীভূত হইয়া একটি পাতলা ঝিল্লী দেখা যাইবে। এখন ইহাকে ভাল করিয়া ধুইয়া ইহাতে শর্করার দ্রবণ এমনভাবে ঢাল যেন ডিমের খোলাটি সম্পূর্ণরূপে এবং কাচনলটি আংশিক ইহার দ্বারা পূর্ণ হয়। একবার ইহাকে জলপূর্ণ কাচের বিকার খাড়াভাবে রাখিয়া 2-3 ঘণ্টা পরে লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, কাচনলের শর্করা দ্রবণের তল বৃদ্ধি পাইয়াছে।

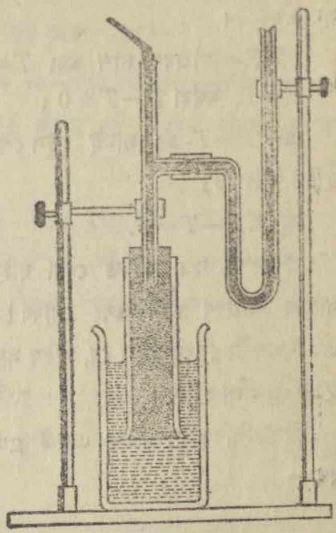


৩৭নং চিত্র—ডিম্ব অসমোস্‌কোপ

৪নং পরীক্ষা : (৩৮ নং চিত্র)

একটি ক্ষুদ্র কাচের cylinder বা চোঙ লইয়া উহার এক প্রান্তে একটি পার্চমেন্ট কাগজ দিয়া বাঁধ এবং অপর প্রান্ত রবার কর্কদ্বারা উত্তমরূপে আঁটিয়া তাহার মধ্য দিয়া একটি T-আকৃতি বিশিষ্ট নল প্রবেশ করাও। T-নলের পার্শ্বে একটি পারদ manometer (ম্যানোমিটার) রবার নলের সাহায্যে বায়ুরোধক করিয়া যুক্ত কর। এখন T-নলের উপর হইতে ঘন শর্করার দ্রবণ এইরূপভাবে ঢাল যেন চোঙ, T-নল এবং ম্যানোমিটারের কিছু অংশ ইহার দ্বারা পূর্ণ হয়। এইবার চোঙটিকে জলপূর্ণ বিকারে রাখিলে কিছুক্ষণ বাদে দেখা যাইবে যে, পার্চমেন্ট কাগজের মধ্য দিয়া ইহাতে জল প্রবেশ করিয়াছে।

এই জল প্রবেশের ফলে ইহাই প্রতিপন্ন হয় যে, শর্করা দ্রবণে osmotic pressuer বা আস্রবণ চাপের সৃষ্টি হইয়াছে। ম্যানোমিটারের দুইটি বাহুর পারদতলের প্রভেদ লক্ষ্য করিয়া এই চাপের পরিমাণ নির্ণয় করা যায়।



৩৮নং চিত্র—অসমোসিস্ (আস্রবণ)

সাধারণত জীবিত উদ্ভিদকোষে আস্রবণ প্রক্রিয়ায় জল প্রবেশ করে। কোষপ্রাচীর ও plasma membrane বা প্লাজমা ঝিল্লী semipermeable বা আংশিক ভেদ্য ঝিল্লীর ন্যায় আচরণ করে। ইহা সুদৃঢ় এবং জলভেদ্য। প্রোটোপ্লাজমে এবং cell sap বা কোষরসে প্রোটিন ও চর্বিজাত পদার্থগুলি বিক্ষিপ্ত অবস্থায় ভাসমান থাকিয়া ঘন কোলয়ডীয় দ্রবণ গঠন করে। অতএব উদ্ভিদকোষে আস্রবণ প্রক্রিয়ায় জল প্রবেশ করে। এইরূপ আস্রবণকে endosmosis (এণ্ডসমোসিস)-ও বলা হয়। কিন্তু আস্রবণের ফলে যখন উদ্ভিদকোষ হইতে জল বাহির হইয়া আসে তখন ইহাকে exosmosis (এক্স-অস্‌মোসিস) বলে। যাহাই হোক আস্রবণ প্রক্রিয়ায় কোষের মধ্যে জল প্রবেশ করিলে cell sap বা কোষরস এবং elastic বা স্থিতিস্থাপক কোষপ্রাচীরের মধ্যে এক প্রকার প্রবল চাপের সৃষ্টি হয় যাহার ফলে কোষপ্রাচীরটি প্রসারিত হয়। এই প্রসারণশীলতাকে turgidity বা turgescence বা রসস্ফীতি বলে। কোষমধ্যে জল প্রবেশের ফলে যে প্রকৃত চাপের সৃষ্টি হয় তাহাকে turgour pressure বা রসস্ফীতি চাপ বলে। কোষ সর্বোচ্চ পরিমাণ জল শোষণ করিলে তখন ইহাকে fully turgid বা সম্পূর্ণ রসস্ফীত বলা হয় এবং এই সময় ইহার রসস্ফীতি চাপের মানও সর্বোচ্চ। কোষকে সম্পূর্ণ রসস্ফীতি করিতে অতিরিক্ত জল শোষণ করিতে পারে। এই অতিরিক্ত চাপকে suction pressure বা শোষণ চাপ বলে।

V. A. Greulach (ভি. এ. গ্রীউল্যাচ) নামক বিজ্ঞানীর মতে আস্রবণ সম্পাদন করিতে সক্ষম এরূপ সক্রিয় কোষ এবং বিশুদ্ধ জল যদি জলভেদ্য ঝিল্লীর দ্বারা পৃথক করা হয় তাহা হইলে কোষের যে সর্বোচ্চ রসস্ফীতি চাপের সৃষ্টি হয় তাহাকে osmotic pressure বা আস্রবণ চাপ বলে।

এইরূপ ক্ষেত্রে কোন বিচ্ছিন্ন কোষে ক্রিয়াশীল চাপগুলি যখন equilibrium বা সাম্য অবস্থায় উপনীত হয় তখন রসস্ফীতি চাপের মান আস্রবণ চাপের মানের সমান হইবে।

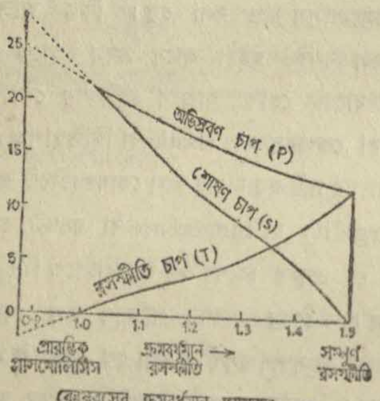
যদি P = আস্রবণ চাপ এবং T = রসস্ফীতি চাপের মান হয় তাহা হইলে $P = T$, অথবা $P - T = 0$;

এই $P - T$-এর মানই হইল শোষণ চাপ এবং ইহাকে S এই অক্ষর দ্বারা সূচিত করা হয়।

অর্থাৎ $P - T = S$.

উপরোক্ত সূত্র হইতে দেখা যাইতেছে যে, কোষ মধ্যে রসস্ফীতি চাপ বৃদ্ধি পাইলে আস্রবণ চাপ এবং শোষণ চাপও সেই পরিমাণে কমিয়া যাইবে। আরও একটি লক্ষণীয় বিষয় হইল যে, বহিস্থ মাধ্যমটি কেবলমাত্র বিশুদ্ধ জল হইলেই এই সূত্রটি প্রযোজ্য হইবে।

উপরিলিখিত সূত্রটিকে একটি graph বা চিত্র লেখার দ্বারা বুঝান যায়; যথা—



Conditions necessary for turgidity (রসস্ফীতির জন্য প্রয়োজনীয় কারণ)

রসস্ফীতি নিম্নলিখিত কারণগুলির উপর নির্ভর করে। যথা—

1. কোষের মধ্যে অম্ল, শর্করা প্রভৃতি osmotic substance বা আস্রব পদার্থের উপস্থিতি প্রয়োজন, কারণ ইহাদের জলের প্রতি প্রবল আকর্ষণ থাকে বলিয়া কোষের মধ্যে জল প্রবেশ করে।

2. কোষপ্রাচীরের ভিতরে আংশিক ভেদ্য প্রোটোপ্লাজমের স্তর থাকা প্রয়োজন কারণ কোষমধ্যস্থ চাপ বৃদ্ধি পাইলে এই স্তর জলকে কোষের বাহিরে যাইতে বাধা প্রদান করে এবং এইজন্য কোষের ভিতব উচ্চ চাপের সৃষ্টি হয়।

3. কোষপ্রাচীরটি elastic বা স্থিতিস্থাপক হওয়া বিশেষ প্রয়োজন কারণ elasticity বা স্থিতিস্থাপকতা না থাকিলে কখনই উচ্চ চাপের সৃষ্টি হয় না।

4. বাহির হইতে কোষের মধ্যে নিয়মিত জলের সরবরাহ প্রয়োজন।

Utility of turgescence (রসস্ফীতির আবশ্যকতা)

রসস্ফীতির জন্য উদ্ভিদের কয়েকটি প্রয়োজনীয় জৈবনিক কার্য সম্পাদিত হয়। যথা—

1. বৃদ্ধির জন্য রসস্ফীতির একান্ত প্রয়োজন। ইহাতে কোষের আয়তন অস্থায়িভাবে বৃদ্ধি পায় এবং নূতন পদার্থ গঠিত হইয়া উহাকে ক্রমে স্থায়ী করে।

2. রসস্ফীতির পরিবর্তনের জন্য নানাবিধ আবশ্যকীয় movement বা চলন সম্পাদিত হয়; যথা, nutation বা চলন, পত্ররন্ধ্রের আয়তন বৃদ্ধি অথবা হ্রাস প্রভৃতি।

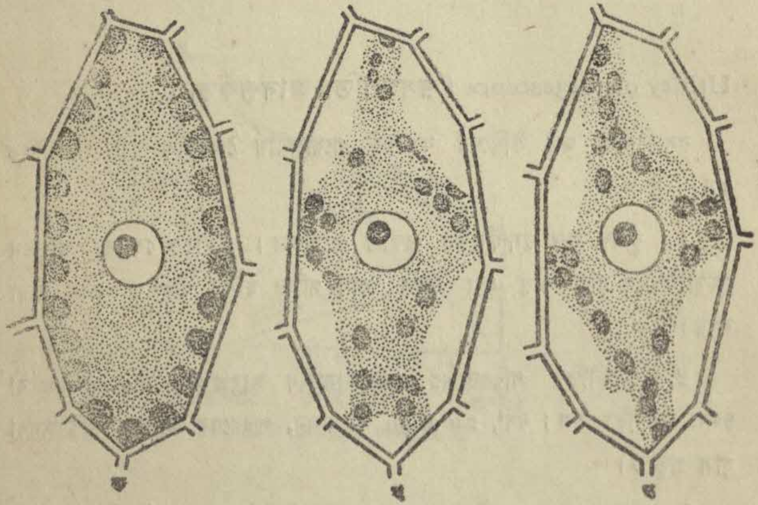
3. মূলের ক্ষেত্রে কর্টেক্সের কোষের রসস্ফীতির জন্য জাইলেম নালিকার মধ্যে জল প্রবেশ করে।

4. নরম কাণ্ডের ক্ষেত্রে প্যারেনকাইমা কোষের রসস্ফীতি উহাদের দৃঢ়তা প্রদান করে।

Plasmolysis (প্লাসমোলিসিস)

জীবিত কোষে প্রোটোপ্লাজম সর্বদাই কোষপ্রাচীরের সহিত ঘনিষ্ঠভাবে সংলগ্ন হইয়া থাকে। একটি সজীব উদ্ভিদ কোষকে গাঢ় শর্করার বা লবণের দ্রবণে কিছুক্ষণ ডুবাইয়া রাখিলে দেখা যায় যে, প্রোটোপ্লাজমে কোষপ্রাচীর হইতে সঙ্কুচিত হইয়া কোষের কেন্দ্রস্থলে অনিয়ত আকারে অবস্থান করে। প্রোটো-প্লাজমের এই প্রকার সঙ্কোচনকে Plasmolysis (প্লাসমোলিসি) বলে। ভ্যাকুওলস্থিত কোষরসের ঘনত্ব বহিস্থ দ্রবণের ঘনত্ব অপেক্ষা লঘু বলিয়া অধিকমাত্রায় exosmosis (বহিঃ আস্রবণ) সংঘটিত হয় যাহার ফলে কোষরস হইতে অত্যধিক জল বাহির হইয়া যায়। ইহাতে কোষপ্রাচীর ও সঙ্কুচিত প্রোটোপ্লাজমের মধ্যবর্তী অঞ্চলটি ভ্যাকুওলস্থিত কোষরস দ্বারা পূর্ণ থাকে।

৫নং পরীক্ষা : (৩৯নং চিত্র) Rheo discolor বা জহর চাঁপা পাতার নিম্নত্বকের কিছু অংশ তুলিয়া উহাকে শর্করা অথবা লবণের নির্দিষ্ট লঘু দ্রবণে ডুবাইয়া দাও। যদি দেখা যায় যে প্লাসমোলিসিস হইল না তখন বিভিন্ন



৩৯নং চিত্র—প্লাসমোলিসিস

ঘনত্বের দ্রবণ লইয়া অনুরূপভাবে আরও কয়েকটি ঐ পাতার নিম্নত্বকের অংশ প্রতিটি দ্রবণে ডুবাইয়া দাও। পরীক্ষাটি সুষ্ঠুভাবে সম্পাদন করিলে দেখা যাইবে

যে, কোনো একটি নির্দিষ্ট ঘনত্বের দ্রবণে প্লাসমোলিসিস সবেমাত্র আরম্ভ হইয়াছে অর্থাৎ প্রোটোপ্লাস্ট কোষপ্রাচীর হইতে সঙ্কুচিত হইতে আরম্ভ করিয়াছে। এই ক্ষেত্রে বহিস্থ দ্রবণের ঘনত্ব কোষরসের ঘনত্বের প্রায় সমান অর্থাৎ কিঞ্চিৎ অধিক হইতে পারে। এই অবস্থার প্লাসমোলিসিসকে incipient plasmolysis বা প্রারম্ভিক প্লাসমোলিসিস বলে এবং দ্রবণটিকে isotonic solution (আইসোটনিক দ্রবণ) বলে। অতএব বহিস্থ দ্রবণের ঘনত্ব জানা থাকিলে কোষরসের ঘনত্ব নির্ণয় করা সম্ভবপর।

তৃতীয় অধ্যায়

শোষণ

(Absorption)

পূর্বে ধারণা ছিল যে, absorption বা শোষণ একটি ভৌত প্রণালী যাহার দ্বারা উদ্ভিদ বিভিন্ন মৃত্তিকাস্তর হইতে মূলের সাহায্যে জল ও বিভিন্ন প্রকার লবণের দ্রবণ গ্রহণ করে, কিন্তু বর্তমানে এইরূপ ধারণার পরিবর্তন হইয়াছে। বর্তমানে ইহা সুনিশ্চিতরূপে প্রতিপন্ন হইয়াছে যে জল শোষণ ও লবণ শোষণ দুইটি সম্পূর্ণ পৃথক প্রক্রিয়া।

A. Absorption of water (জলের শোষণ প্রণালী)

জল না হইলে উদ্ভিদ বাঁচিতে পারে না। সেইজন্য উদ্ভিদ-জীবনে জল একটি বিশিষ্ট অংশ গ্রহণ করে। অধিকন্তু উদ্ভিদ কোষগুলির বিভিন্ন জৈবনিক কার্য সম্পাদন করিতে নিয়মিত জল সরবরাহের প্রয়োজন ; কারণ ইহা বিভিন্ন লবণ ও গ্যাসকে দ্রবীভূত করে এবং জলের মাধ্যমেই সকল প্রকার metabolism বা বিপাকীয় কার্য সম্পন্ন হয়। জীবিত প্রোটোপ্লাজমে অন্তত শতকরা 80 ভাগ জলের প্রয়োজন হয়।

স্থলজ উদ্ভিদ মৃত্তিকা হইতে জল গ্রহণ করে। মৃত্তিকা বলিতে ধ্বংসপ্রাপ্ত প্রাণী বা উদ্ভিদদেহ হইতে গঠিত বিভিন্ন জৈব পদার্থ এবং শিলা প্রভৃতি ধ্বংশাবশেষের ক্ষুদ্র কণিকার সমষ্টি বুঝায়। মৃত্তিকা কণিকাগুলি বিভিন্ন আকারের হইতে পারে এবং সেইজন্য কাঁকর, কর্দমাক্ত দো-আঁশ প্রভৃতি মৃত্তিকার শ্রেণী বিভাগ দেখিতে পাওয়া যায়। মৃত্তিকার কণিকাগুলির মধ্যে অতি সূক্ষ্ম স্থান থাকে যাহা অক্সিজেন, কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রভৃতি গ্যাসদ্বারা পূর্ণ।

মৃত্তিকায় জল পতিত হইলে উহার কিয়দংশ gravity বা অভিকর্ষের দ্বারা percolation বা অনুস্রাবিত হয়। এই জলকে gravitational water বা অভিকর্ষীয় জল বলে। মৃত্তিকা কণিকাগুলিও কিছু পরিমাণ জল ধারণ করিয়া রাখে। মৃত্তিকা হইতে জল বাষ্পীভবন হইলে কিছু পরিমাণ জল capillary action বা কৈশিক প্রণালীতে মৃত্তিকা কণিকাগুলির মধ্যে সঞ্চারিত হয়। এই জলকে capillary water বা কৈশিক জল বলে। মনে রাখিতে হইবে যে, মৃত্তিকা যতই শুষ্ক হউক না কেন মৃত্তিকা কণিকাগুলি চতুর্দিকে একটি অতি

পাতলা জলের স্তর সর্বদাই বিদ্যমান থাকে। ইহাকে hygroscopic water বা জলাকর্ষী জল বলে এবং ইহাকে দূরীভূত করিতে অতি উচ্চ তাপ ও চাপের প্রয়োজন হয়।

ইহা অবিদিত নহে যে উচ্চশ্রেণীর উদ্ভিদের ক্ষেত্রে প্রধানত মূলরোমের সাহায্যে জল শোষিত হয়। মূলরোম না থাকিলে নবগঠিত মূলের দ্বারা শোষণকার্য সম্পন্ন হয়। উদ্ভিদ মূলরোমের সাহায্যে osmosis বা আস্রবণ প্রক্রিয়ায় মৃত্তিকা হইতে জল শোষণ করে। Imbibition (ইমবাইবিশন) প্রক্রিয়াতেও কিছু জল গৃহীত হইতে পারে।

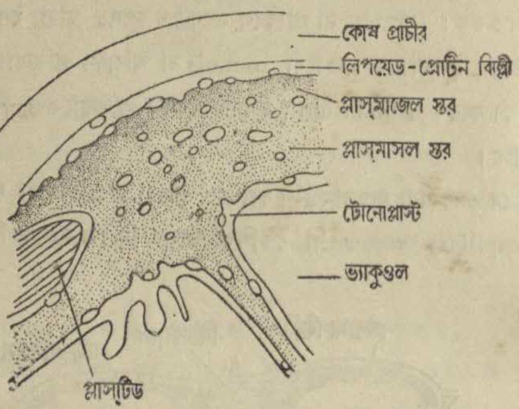
মূলে যে এককোষী মূলরোমগুলি দেখিতে পাওয়া যায় তাহারা মৃত্তিকায় প্রবেশ করিলে capillary water বা কৈশিক জলের নিবিড় সংস্পর্শে আসে। প্রতি



৪০ নং চিত্র—আদর্শ উদ্ভিদকোষের গঠন

মূলরোমে একটি সেলুলোজ-নির্মিত পাতলা permeable বা ভেদ্য কোষপ্রাচীর, একটি সুস্পষ্ট নিউক্লীয়সযুক্ত পাতলা প্রোটোপ্লাজমের স্তর (৪০নং চিত্র) যাহা primordial utricle (প্রাইমরডিয়াল ইউট্রিকল্) নামে পরিচিত এবং একটি কেন্দ্রীয় ভ্যাকুওল আছে। প্রাইমরডিয়াল ইউট্রিকল্টি কয়েকটি স্তর লইয়া গঠিত। কোষপ্রাচীর সংলগ্ন অতিশয় পাতলা স্তরটিকে hyaline membrane বা স্বচ্ছ স্তর বলে যাহাকে ectoplasm (এক্টোপ্লাজম) নামেও অভিহিত করা হয়। এই স্তরের ভিতরের দিকে জলবিহীন স্তরটিকে protoplasmic membrane বা প্রোটোপ্লাজমীয় স্তর বলে। ভ্যাকুওলের চতুর্দিকে একটি সুদৃঢ় স্তর আছে যাহাকে tonoplast (টোনোপ্লাস্ট) বা vascular membrane (ভ্যাস্কুলার স্তর) বলে, (৪১নং চিত্র)। প্রোটোপ্লাজমীয় স্তর ও ভ্যাস্কুলার স্তরের মধ্যবর্তী প্রাইমরডিয়াল ইউট্রিকলের অংশকে endosplasm (এণ্ডোপ্লাজম) বলে।

ভ্যাকুওলস্থিত কোষরস হইল বিভিন্ন জৈব ও অজৈব পদার্থের জটিল দ্রবণ যাহার মধ্যে কতকগুলি পদার্থ colloidial state বা কোলয়ডীয় অবস্থায় থাকে। যে।পর্দার সাহায্যে মূলরোমে অসমোসিস বা আস্রবণ প্রক্রিয়া সংঘটিত হয়



৪১নং চিত্র—একটি জীবন্ত উদ্ভিদকোষের গঠন এবং উহাতে সাইটোপ্লাজম, ভ্যাকুওল ও টেনোপ্লাস্টের বিভিন্ন স্তর দেখান হইয়াছে

তাহা সাধারণ আস্রবণ প্রক্রিয়া অপেক্ষা সম্পূর্ণ ভিন্ন প্রকৃতির। এই পর্দার কিছু অংশ সজীব ও আস্রবণ প্রক্রিয়াকে সংযত করে। মূলরোমের প্রাইমরডিয়াল ইউট্রিকল্ সমেত মৃত permeable বা ভেদ্য কোষপ্রাচীরটি হইল osmotic membrane বা আস্রবণ স্তর যাহার সজীব অংশটি হইল প্রাইমরডিয়াল ইউট্রিকল্ এবং ইহা semipermeable বা আংশিক ভেদ্য। আংশিক ভেদ্যতা প্রোটোপ্লাজমীয় স্তর ও টোনোপ্লাস্টের উপর নির্ভর করে এবং ইহার মধ্য দিয়া কেবলমাত্র কয়েকটি রাসায়নিক পদার্থ কোষে প্রবেশ করিতে পারে কিন্তু অপরগুলি বাধাপ্রাপ্ত হয়।

মূলরোমের বহির্ভাগে অবস্থিত কৈশিক জলে নানাবিধ খনিজ লবণ দ্রবীভূত থাকিলেও ইহা অতিশয় লঘু। মূলরোমের ভ্যাকুওলস্থিত কোষরস অপেক্ষাকৃত গাঢ়। এইরূপ আস্রবণের শর্তগুলি পূরণ হইলে কোষরস ও কৈশিক জলের মধ্যে diffusion বা ব্যাপনক্রিয়া সংঘটিত হয়। ইহার ফলে মৃত্তিকার লঘু দ্রবণ মূলরোমে প্রবেশ করে। মূলরোমে এইরূপ জল প্রবেশের ফলে কোষপ্রাচীরটি turgid বা স্ফীত হয়।

জীবিত মূলরোমে কৈশিক জল প্রবেশ করিবার সাথেই কোষরস অতি ধীরে

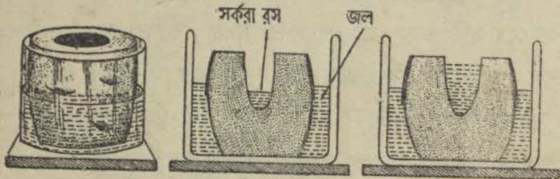
ধীরে exosmosis বা বহিঃআস্রবণ প্রক্রিয়ায় কোষের বাহিরে আসিতে থাকে। এইরূপ অবস্থা চলিতে থাকিলে জলশোধন ক্রমশ কমিতে কমিতে অবশেষে বন্ধ হইয়া যায়। এই সময় কোষের মধ্যে অতিরিক্ত চাপের সৃষ্টি হয়। এইরূপে কোষের মধ্যে যে অতিরিক্ত চাপের সৃষ্টি হয় তাহার ফলে ইহার মধ্যে জলের অনুপ্রবেশ সম্পূর্ণরূপে বন্ধ হইয়া যায়। ইহাকে turgour pressure of the cell sap বা কোষরসের রসস্ফীত চাপ বলে।

অতএব দেখা যাইতেছে যে, শোষণের সময় কৈশিক জল endosmosis বা অন্তঃআস্রবণ প্রক্রিয়ায় মূলরোমে প্রবেশ করে। ইহার ফলে মূলরোমের রসস্ফীতি চাপ ক্রমশ বৃদ্ধি পাইতে থাকে। কিন্তু মূলরোমের কোষরসের ঘনত্ব কৈশিক জলের ঘনত্ব অপেক্ষা সর্বদাই অধিক থাকে বলিয়া exosmosis বা বহিঃআস্রবণ সম্ভবপর নহে। মূলের প্রথম সারির কর্টেক্সের কোষগুলির কোষরসের ঘনত্ব মূলরোমের কোষরসের ঘনত্ব অপেক্ষা অধিক বলিয়া মূলরোমস্থিত জলীয় দ্রবণ কর্টেক্সের প্রথম কোষস্তরে প্রবেশ করে। এখন পূর্ববর্ণিত $S=P-T$: এই সঙ্কেতটি এই ক্ষেত্রে প্রযোজ্য নহে কারণ মূলরোম ও কর্টেক্সের প্রথম স্তরের কোষের নিজস্ব osmotic pressure বা আস্রবণ চাপ এবং turgidity বা রসস্ফীতি চাপ আছে। অতএব পরপর দুইটি কোষস্তরের আস্রবণ চাপকে P এবং P' ও রসস্ফীতি চাপকে T এবং T' ও উহাদের মধ্যে শোষণ চাপকে S' দ্বারা সূচিত করিলে cell to cell osmosis বা কোষান্তর আস্রবণের ক্ষেত্রে $S=(P'-P)-(T-T')$ – এই সঙ্কেতটি প্রযোজ্য হইবে।

এইরূপে কর্টেক্সের প্রথম স্তরটি turgid বা রসস্ফীত হইলে কোষরস প্রথম স্তর হইতে অনুরূপ কারণে দ্বিতীয় কোষস্তরে প্রবেশ করে, কারণ ইহার ঘনত্ব এখন প্রথম কোষস্তর অপেক্ষা অধিক। এইরূপে দ্বিতীয় হইতে তৃতীয় কোষস্তরে এবং এই প্রকারে cell to cell osmosis বা কোষান্তর আস্রবণ প্রক্রিয়ায় কোষরস অবশেষে জাইলেম নালিকা সংলগ্ন কোষগুলির মধ্যে প্রবেশ করে। এইরূপ অবস্থায় কর্টেক্সের কোষগুলি এবং মৃত জাইলেম নালিকার মধ্যে কোনরূপ আস্রবণ সংঘটিত হয় না, কিন্তু তথাপি কর্টেক্সের কোষগুলির রসস্ফীতিজনিত চাপ বৃদ্ধির ফলে জাইলেম নালিকার কোষপ্রাচীরের পাতলা স্থান দিয়া উহার মধ্যে জল প্রবেশ করে ও তথা হইতে কাণ্ডের মধ্য দিয়া পাতায় পরিবাহিত হয়।

6নং পরীক্ষা : Cell to Cell osmosis (কোষান্তর আস্রবণ)
Potato osmoscope (আলু অসমোস্কোপ)

৪২নং চিত্র—একটি বড় আলু লইয়া ইহার উপরের ও নীচের অংশ এইরূপে কাট যেন ইহাকে খাড়াভাবে বসান যায়। উপরের তল হইতে কিছু আলুর অংশ অপসারণ করিয়া একটি গহ্বর প্রস্তুত কর। এইবার আলুর নিম্নভাগ হইতে



৪১নং চিত্র—আলু অসমোস্কোপ

এইরূপে খোসা ছাড়াও যেন উহা গহ্বরের তল পর্যন্ত পৌঁছায়। এখন গহ্বরের মধ্যে কিছু শর্করার দ্রবণ ঢালিয়া আলুটিকে একটি জলপূর্ণ কাচের পাত্রে এইরূপে রাখ যেন উহার উপরের অংশ জলতলের উপরে থাকে। 2/3 ঘণ্টা পরে দেখা যাইবে যে, শর্করার দ্রবণ ক্রমে গহ্বরটিকে পূর্ণ করিয়াছে।

Conditions necessary for absorption of water (জল-শোষণের জন্য প্রয়োজনীয় কারণ)

মূলরোম কর্তৃক জল-শোষণের হার বিবিধ কারণের উপর নির্ভর করে। এই সকল কারণগুলি নিম্নে বর্ণিত হইল—

A. External factors (বহিস্থ কারণ) :

1. Water content of the soil (মৃত্তিকাস্থিত জলের পরিমাণ)—মৃত্তিকায় জলের পরিমাণ অধিক হইলে জলশোষণ-হার বৃদ্ধি পায় কিন্তু water-logged soil বা জলবদ্ধ মৃত্তিকায় শোষণ ভাল হয় না। সমুদ্র উপকূলে অবস্থিত ব-দ্বীপ অঞ্চলের মৃত্তিকায় প্রচুর পরিমাণে লবণ দ্রবীভূত থাকে বলিয়া শোষণ বহুলাংশে ব্যাহত হয় কারণ ইহার ঘনত্ব কোষরসের ঘনত্ব অপেক্ষা অধিক। এই প্রকার মৃত্তিকাকে physiologically dry soil বা ঊষর মৃত্তিকা বলে।

2. Acidity and alkalinity of the soil (মৃত্তিকার অম্লতা বা ক্ষারত্ব)—মৃত্তিকাস্থিত দ্রবণের pH-এর উপর শোষণহার বহুল পরিমাণে

নির্ভর করে। কিন্তু আম্লিক বা ক্ষারীয় মৃত্তিকার সহিত শোষণহারের কিরূপ সম্বন্ধ তাহা সঠিকভাবে নির্ণয় করা যায় নাই। কোনো কোনো বৈজ্ঞানিকের মতে আম্লিক মৃত্তিকায় শোষণহার বৃদ্ধি পায় আবার কাহারও কাহারও মতে ক্ষারীয় মৃত্তিকায় ইহা বৃদ্ধি পায়।

3. *Temperature of the soil* (মৃত্তিকার তাপমাত্রা)—একটি নির্দিষ্ট সীমার মধ্যে মৃত্তিকার তাপমাত্রা বৃদ্ধি বা হ্রাস পাইলে শোষণহারও বৃদ্ধি বা হ্রাস প্রাপ্ত হয়।

4. *Oxygen content of soil* (মৃত্তিকায় অক্সিজেনের পরিমাণ)—মৃত্তিকায় প্রচুর পরিমাণে অক্সিজেন থাকা প্রয়োজন। ইহাতে শোষণহার বৃদ্ধি পায়।

B. Internal factors (অন্তস্থ কারণ) :

1. *Osmotic pressure of root hairs* (মূলরোমের আস্রবণ চাপ) মূলরোমস্থ কোষরসের আস্রবণ চাপ ক্রমশ বৃদ্ধি পাইলে শোষণহারও বৃদ্ধি পায়।

2. *Root pressure* (মূলজ প্রেষ)– যেহেতু মূলজ প্রেষ মূলরোম অঞ্চল হইতে জাইলেম নালিকার বিভিন্ন প্রকার লবণের অপসারণে অংশ গ্রহণ করে সেইজন্য শোষণও অবিরাম চলিতে থাকে।

3. *Removal of excess water* (অতিরিক্ত জল অপসারণ)—Transpiration বা প্রস্বেদন অথবা exudation বা নিস্রবণ প্রক্রিয়ায় অতিরিক্ত জল অপসারণের দ্বারা শোষণহার বৃদ্ধি পায়।

C. Absorption of Salts (লবণের শোষণ) :

উদ্ভিদ তাহার বৃদ্ধি ও গঠনের জন্য কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন ব্যতিরেকে মৃত্তিকা হইতে মূলের সাহায্যে বিভিন্ন অজৈব লবণ হইতে বিভিন্ন প্রকার মৌলিক পদার্থ গ্রহণ করে।

পূর্বে বিজ্ঞানীগণ মনে করিতেন যে, উদ্ভিদ ঐ সকল লবণ মৃত্তিকাস্থিত জলের দ্রবণ হিসাবে গ্রহণ করিত। অধুনা ইহা সঠিকভাবে নিরূপিত হইয়াছে যে জল শোষণের সহিত লবণ শোষণের কোন সম্পর্ক নাই। ইহার কারণস্বরূপ বলা হইয়াছে যে অত্যধিক প্রস্বেদনের সময় অধিক পরিমাণে জল শোষিত হইলেও সেই পরিমাণ লবণ শোষিত হয় না; আবার স্বল্প প্রস্বেদনে জলশোষণ হ্রাস পাইলেও লবণ শোষণ বৃদ্ধি পাইতে পারে।

বর্তমানে ইহা প্রমাণিত হইয়াছে যে, শোষণের সময় লবণ পজিটিভ ও নেগেটিভ ions (আয়ন)-এ বিশ্লিষ্ট হয় এবং ঐ সকল আয়ন পরবর্তীকালে উদ্ভিদ গ্রহণ করিয়া থাকে। কিন্তু ইহার জন্য প্রচুর শক্তির প্রয়োজন। শ্বাসকার্যের দ্বারাই উদ্ভিদ প্রকৃতপক্ষে এই শক্তি সঞ্চয় করে। দেখা গিয়াছে যে, বার্লি গাছের মূলকে লবণের দ্রবণে রাখিয়া উহার মধ্য দিয়া অক্সিজেন সঞ্চালন করিলে মূলের কোষে এইরূপ লবণ সঞ্চিত হইতে দেখা যায় না। কিন্তু লবণের দ্রবণে অক্সিজেন সরবরাহ করিলে শ্বাসকার্যের ফলে কোষের মধ্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড গঠিত হয়। ইহা কোষমধ্যস্থ জলের সহিত বিক্রিয়ার দ্বারা carbonic acid (কার্বনিক অ্যাসিড) অর্থাৎ (HCO_3)-তে পরিণত হয়। কার্বনিক অ্যাসিড *carbonic anhydrase* (কার্বনিক অ্যানহাইড্রেজ) নামক এনজাইমের সহায়তায় H^+ ও HCO_3^- আয়নে বিশ্লিষ্ট হয়। এই H^+ (ক্যাটায়ন) এখন কোষ হইতে বহিস্থ মাধ্যমে নির্গত হয় এবং একই প্রকার বৈদ্যুতিক charge (আধান) বিশিষ্ট অপর এক প্রকার অণু বহিস্থ মাধ্যম হইতে কোষমধ্যে প্রবেশ করে। এইরূপে কোষের মধ্যে যে পরিমাণ হাইড্রোজেন আয়ন বিশ্লিষ্ট হইতে থাকে কোষ ও বহিস্থ মাধ্যমের মধ্যে সেই প্রকার আয়নের বিনিময় সম্পন্ন হয়। Lundegardh (লুনডিগড়) ও Burstrom (বারস্ট্রম) নামক বিজ্ঞানীদ্বয়ের মতে (1933 খ্রীষ্টাব্দে) শ্বাসক্রিয়ার সহিত ক্যাটায়ন শোষণের কোন সম্বন্ধ নাই ও শ্বাসক্রিয়ার দ্বারা কেবলমাত্র অ্যানায়ন শোষিত হয়।

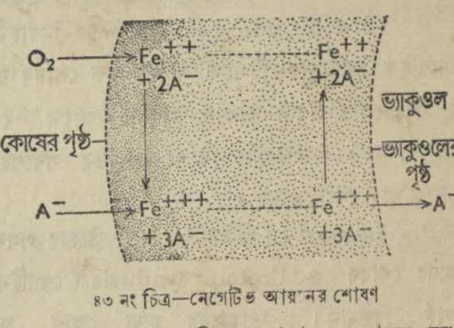
একটি নির্দিষ্ট সীমার মধ্যে খনিজ লবণের শোষণ আয়নগুলির ঘনত্ব, প্রস্বেদন, তাপমাত্রা, মৃত্তিকার aeration (বাতান্বয়ন) এবং শ্বাসক্রিয়াশীল পদার্থের উপর নির্ভর করে। দেখা গিয়াছে যে, ammonium (অ্যামোনিয়াম) ও nitrate (নাইট্রেট) আয়ন sodium (সোডিয়াম) অথবা chloride (ক্লোরাইড) আয়ন অপেক্ষা দ্রুত শোষিত হয়।

নিম্নলিখিত তথ্যের দ্বারা লবণের আয়ন শোষণ প্রণালী (৪৩নং চিত্র) বুঝান হইয়াছে ; যথা—

1. Electrochemical theory (বৈদ্যুতিক রাসায়নিক তথ্য)—এই তথ্যের প্রবর্তক হইলেন Lundegardh (লুনডিগড়)। তিনি মনে করেন যে, মৃত্তিকায় অবস্থিত মূলের বহির্ভাগে পজেটিভ ও নেগেটিভ charge (আধান)-যুক্ত পদার্থ থাকে যাহাদিগের সহিত খনিজ লবণের নেগেটিভ ও পজেটিভ আধানযুক্ত আয়নগুলি যথাক্রমে যুক্ত হয়। জীবিত উদ্ভিদকোষে cytochrome

(সাইটোক্রোম) নামক এব প্রকার রাসায়নিক পদার্থ থাকে। এই সাইটোক্রোম নামক পদার্থটি cyanide নামক বিষাক্ত পদার্থের দ্বারা দূষিত হইতে পারে এবং সেই কারণে ইহা শ্বাসকার্যের বিঘ্ন ঘটাইয়া লবণের শোষণে বাধা প্রদান করে। *Cytochrome oxydase* (সাইটোক্রোম অক্সিডেজ) নামক এক প্রকার এনজাইমের সাহায্যে সাইটোক্রোমে বায়ুস্থিত অক্সিজেনের সাহায্যে oxidized (জারিত) হয়। জারিত সাইটোক্রোমে তিনটি পজেটিভ আধান-যুক্ত লৌহ পরমাণু (Fe^{+++}) ferric state (ফেরিক অবস্থায়) থাকে যাহা reduced (বিজারিত) হইলে দুইটি পজেটিভ আধানযুক্ত (Fe^{++}) Ferrous (ফেরাস) অবস্থায় পরিণত হয়।

জীবিত কোষের কোষপ্রাচীরের বহিঃপৃষ্ঠটি বহিস্থ মাধ্যমের সহিত নিবিড়ভাবে যুক্ত থাকে। কোষপ্রাচীরের ভিতর দিকে এবং উহার সহিত সংলগ্ন Plasma membrane (প্লাজমা ঝিল্লী) অবস্থান করে। ইহার পরবর্তী স্তরে সাইটোপ্লাজমের একটি matrix (মাধ্যম) আছে যাহা tonoplast (টোনোপ্লাস্ট) দ্বারা vacuole (ভ্যাকুওল) হইতে পৃথক। প্রোটোপ্লাজমের মধ্যে সাইটোক্রোম dif-fused state (ব্যাপিত অবস্থায়) থাকে। লুনডি-গড় মনে করেন যে, শোষণের পূর্বে মৃত্তিকা-স্থিত লবণ anions (অ্যানায়ন) বা (A^-) ও cations (ক্যাটায়ন) বা (K^+)-এ বিশ্লিষ্ট হয়।



৪৩ নং চিত্র—নেগেটিভ আয়নের শোষণ

বহিস্থ মাধ্যমের মধ্য দিয়া অ্যানায়ন কোষের মধ্যে প্রবেশ করে এবং সাইটোক্রোম ইহাকে গ্রহণ করিয়া cytochrome anion complex [সাইটোক্রোম অ্যানায়নের একটি জটিল পদার্থ ($Cyt^{+++}A^-$)] গঠন করে। এই পদার্থটি পরবর্তী সাইটোক্রোমে ইহার অ্যানায়নটিকে ($A^=$) স্থানান্তরিত করে। ইহার ফলে উহাও অনুরূপ অ্যানায়নের জটিল পদার্থে পরিণত হয়। এইরূপে সাইটোক্রোম হইতে সাইটোক্রোমে অ্যানায়ন কোষমধ্যে সঞ্চারিত হইতে থাকে। তাহা হইলে দেখা যাইতেছে যে, প্রতিটি সাইটোক্রোমের দুইটি অবস্থা আছে অর্থাৎ জারিত অবস্থা (Cyt^{+++}) এবং বিজারিত অবস্থা (Cyt^{++})। প্রারম্ভিক অবস্থায় সাইটোক্রোম

বিজারিতভাবে অবস্থান করে। বিজারিত সাইটোক্রোম একটি electron (ইলেকট্রন) যুক্ত করিয়া জারিত হয়। এই জারিত সাইটোক্রোম (Cyt^{+++}) ক্রমে জটিল অ্যানায়নঘটিত পদার্থ গঠন করে। এই অ্যানায়ন সাইটোক্রোম হইতে সাইটোক্রোমে সঞ্চারিত হয়। আবার কোনো একটি বিজারিত সাইটোক্রোম যখন ইলেকট্রন বিমোচনের দ্বারা জারিত হয় তখন এই মুক্ত ইলেকট্রন পূর্ববর্তী জারিত সাইটোক্রোমের সহিত যুক্ত হইয়া উহাকে বিজারিত করে। এইরূপে দেখা যায় যে কোনো একটি সাইটোক্রোম একবার জারিত ও পুনরায় বিজারিত হইতেছে। এই প্রকার জারণ-বিজারণের ফলে অ্যানায়নসমূহ কোষের মধ্যে প্রবেশ করিতে থাকে ও ইলেকট্রনগুলি বিপরীত পথ অনুসরণ করিয়া কোষের বাহিরে নির্গত হয়। ইলেকট্রনগুলি বহিস্থ হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের সহিত ক্রিয়ার দ্বারা জলে পরিণত হয়। কোষের মধ্যে অ্যানায়নের পরিমাণ বৃদ্ধি হইবার ফলে কোষমধ্যস্থ প্রোটোপ্লাজম ও বহিস্থ মাধ্যমের মধ্যে potential difference (বিভব প্রভেদ)-এর সৃষ্টি হয় যাহার ফলে বহিস্থ ক্যাটায়ন (K^+) কোষ মধ্যে প্রবেশ করে।

2. *Selective absorption theory* (নির্বাচনী শোষণ তথ্য)—বৈদ্যুতিক রাসায়নিক প্রক্রিয়ার বিপক্ষে যাহারা মত পোষণ করেন তাঁহাদের ধারণা হইল যে, উদ্ভিদকোষ সকল প্রকার লবণের আয়ন শোষণ করিতে পারে না। তাঁহাদের মতে কতকগুলি বিশেষ প্রকৃতির লবণের আয়নই উদ্ভিদকোষ কর্তৃক নির্বাচন দ্বারা শোষিত হয়।

3. *Steward* (স্টিউয়ার্ড) এবং তাঁহার সমসাময়িক বিশেষজ্ঞগণের মতে লবণের শোষণ ও Protein synthesis (প্রোটিন সংশ্লেষ)-এর মধ্যে নিকট সম্পর্ক বিদ্যমান। তাহাদের মধ্যে কোষ অথবা কোষসমষ্টির বাহিরে Phospho-Proteins (ফসফরাস-ঘটিত প্রোটিন) কয়েক প্রকার লবণের সহিত বিক্রিয়ায় এক প্রকার জটিল রাসায়নিক পদার্থ গঠন করে যাহা কোষের মধ্য অ্যানায়ন ও ক্যাটায়ন প্রবেশে সহায়তা করে।

4. *Bennet-Clark's hypothesis* (বেনেট-ক্লার্কের মতবাদ)—1956 খ্রীষ্টাব্দে বেনেট-ক্লার্ক নামক বিজ্ঞানীদ্বয় এই মত প্রকাশ করেন যে, কোষ মধ্যে উভয় অ্যানায়ন ও ক্যাটায়ন প্রবেশের জন্য একটিমাত্র carrier (বাহক)-এর প্রয়োজন হয়। তিনি বলেন যে, এই বাহকটি হইল lecithin (লেসিথিন) নামক এক প্রকার Phospholipid (ফসফোলাইপিড)। এই বাহকটিতে একটি Cholin (কোলিন) ও একটি Phosphatide (ফসফ্যাটাইড)-এর গোষ্ঠী

আছে। কলিন গোষ্ঠী অ্যানায়নগুলির বন্ধনে এবং ফসফ্যাটাইড গোষ্ঠী ক্যাটায়ন যুক্তকরণে সহায়তা করে।

যখন অ্যানায়ন ও ক্যাটায়ন উভয়েই লেসিথিনের বহিস্থ তলের সংস্পর্শে আসে তখন উহারা লেসিথিনের আভ্যন্তরিক তলে পরিবাহিত হয়। এই সময় লেসিথিন Cholin (কলিন) ও Phosphatidic acid (ফসফ্যাটিডিক অ্যাসিড)-এ বিশ্লিষ্ট হয় এবং ইহার ফলে উভয় অ্যানায়ন ও ক্যাটায়ন মুক্ত করে। কলিন ও ফসফ্যাটিডিক অ্যাসিড পুনরায় রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় যুক্ত হইয়া লেসিথিন পুনর্গঠিত করে। প্রথমে *cholin acetylase* (কলিন অ্যাসিটিলেজ) নামক এনজাইম ও সহ-এনজাইম ATP-এর সহায়তায় acetylcholin (অ্যাসিটিল কলিন) গঠিত হয় যাহা *cholin esterase* (কলিন এস্টারেজ) নামক এনজাইমের সহায়তায় লেসিথিনে পরিণত হয়।

এখন প্রশ্ন হইতেছে কিরূপে কোষ হইতে কোষান্তরে আয়নগুলি পরিবাহিত হয়। এই বিষয়ে দুইটি মতবাদ প্রচলিত আছে। ইহাদের মধ্যে একটি মতবাদ হইল যে, উদ্ভিদদেহের সকল জীবিত কোষই একটিমাত্র জীবন্ত একক রূপে বা symplast (সিমপ্লাস্ট) নামে পরিগণিত হয়, কারণ সকল জীবিত কোষগুলির মধ্যেই plasmodesmal connection (প্লাসমোডেসমীয় সংযোজন) দেখিতে পাওয়া যায়। কাজেই এই সিমপ্লাস্টের diffusion gradient বা ব্যাপন মাত্রার প্রভেদের ফলে আয়ন পরিবাহিত হয়। অপর মতবাদটির প্রবর্তক হইল Lundegardh (লুনডিগড়)। তাঁহার মতে মূলের বহির্ভাগে আয়নগুলির ঘনত্ব সর্বাধিক। কর্টেক্স হইতে আরম্ভ করিয়া stele (স্টেল)-এর অভ্যন্তর পর্যন্ত এই ঘনত্ব ক্রমশ হ্রাস পাইতে থাকে।

চতুর্থ অধ্যায়

(Conduction of Water)

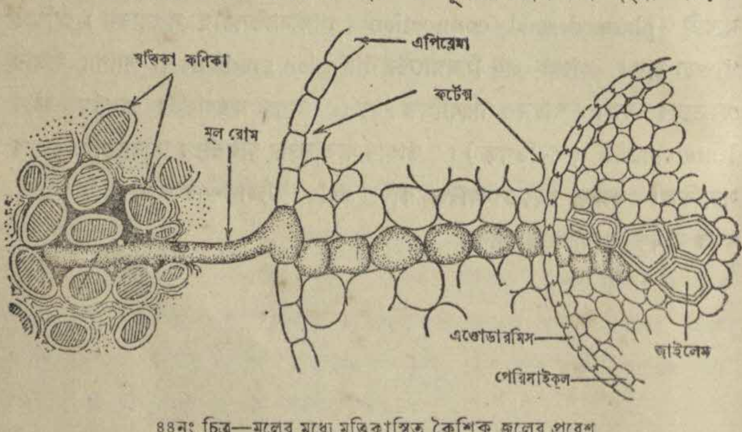
জল সংবহন

মূলরোম কর্তৃক মৃত্তিকা হইতে শোষিত জল root pressure বা মূলজ প্রেষ এবং transpiration বা প্রস্বেদন প্রক্রিয়ায় উদ্ভিদদেহে সংবাহিত হয়।

Root Pressure (মূলজ প্রেষ)

Mechanism of root pressure (মূলজ প্রেষের প্রক্রিয়া)

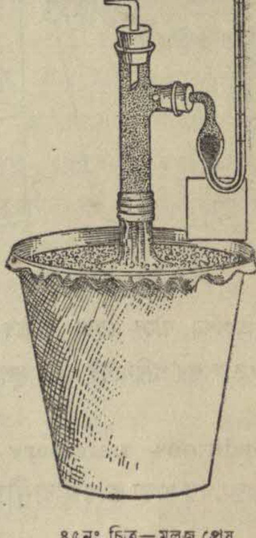
পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, মৃত্তিকাস্থিত capillary water বা কৈশিক জল এণ্ডসমোসিস প্রক্রিয়ায় মূলরোমে প্রবেশ করে। এখন মূলরোম, সংলগ্ন কর্টেক্সের কোষের কোষরস মূলরোমের কোষরস অপেক্ষা ঘন বলিয়া আস্রবণ প্রক্রিয়ায় কর্টেক্সের কোষমধ্যে জল প্রবেশ করে। কর্টেক্সের কোষগুলি এইরূপ জলশোষণের ফলে রসস্ফীত হয় ও মূলরোমগুলি শ্লথ হইয়া পড়ে।



৪৪নং চিত্র—মূলের মধ্যে মৃত্তিকাস্থিত কৈশিক জলের প্রবেশ

শ্লথ মূলরোম পুনরায় আস্রবণ প্রক্রিয়ায় মৃত্তিকা হইতে কৈশিক জল শোষণ করে। অনুরূপে কর্টেক্সের দ্বিতীয় স্তরের কোষের ঘনত্ব প্রথম স্তর অপেক্ষা অধিক বলিয়া উহা প্রথম স্তর হইতে আস্রবণ প্রক্রিয়ায় জল শোষণ করিয়া রসস্ফীত হয়। এই cell to cell osmosis বা কোষান্তর আস্রবণ (৪৪নং চিত্র) প্রক্রিয়ায় জল কর্টেক্সের কোষ হইতে জাইলেম নালিকা

সংলগ্ন কোষে প্রবেশ করে। ইহার ফলে কোষগুলি পর্যায়ক্রমে রসস্ফীত ও শ্লথ হয়। জাইলেম নালিকাটি মৃত এবং ইহার সুদৃঢ় প্রাচীরগাত্রে অসংখ্য সূক্ষ্ম পাতলা অঞ্চল আছে যাহাদের pits বা গহ্বর বলে। এখন জাইলেম নালিকা সংলগ্ন সজীব কোষ ও মৃত জাইলেম নালিকার মধ্যে আস্রবণ প্রক্রিয়া চলিতে পারে না। সুতরাং ঐ সকল সজীব কোষের গহ্বরের মধ্য দিয়া জল জাইলেম নালিকার মধ্যে প্রবেশ করে। ইহাতে কর্টেক্সের কোষগুলি পুনরায় শ্লথ হয় এবং পূর্বোক্ত প্রক্রিয়ার পুনরাবৃত্তি ঘটিতে থাকে। মূলের কর্টেক্সের কোষগুলির এইরূপ সংকোচন ও প্রসারণের ফলে উহারা এক প্রকার চাপের সম্মুখীন হয় তাহাকে root pressure বা মূলজ প্রেষ বলে। উদ্ভিদবিজ্ঞানী Green (গ্রীন)-এর মতে, যে চাপের প্রভাবে অতিমাত্রায় স্ফীত কর্টেক্সের কোষ হইতে কিছু পরিমাণ রস জাইলেম নালিকার মধ্যে প্রবেশ করে তাহাকে মূলজ প্রেষ বলে। উদ্ভিদবিজ্ঞানী Styles (স্টাইলস্)-এর মতে, যে চাপের প্রভাবে মূলের সজীব কোষ হইতে রস জাইলেম নালিকায় প্রবেশ করে তাহাই হইল মূলজ প্রেষ। সাধারণভাবে বলা যায় যে, জাইলেম নালিকা সংলগ্ন কর্টেক্সের কোষগুলির মিলিত রসস্ফীতির ফলে এক প্রকার চাপের সৃষ্টি হয় যাহার জন্য রস- জাইলেমের নালিকায় প্রবেশ করিয়া উপরে উঠিতে থাকে। এই চাপকে মূলজ প্রেষ বলে।



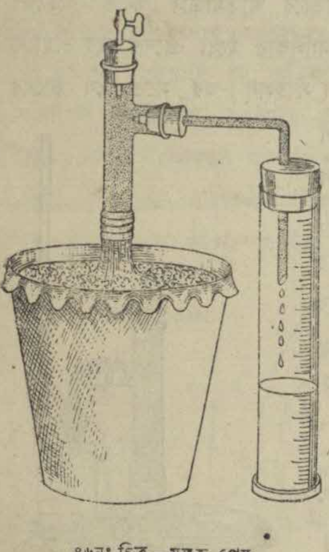
৪৫নং চিত্র—মূলজ প্রেষ

বিভিন্ন পরীক্ষার দ্বারা উদ্ভিদের মূলজ প্রেষ প্রমাণ করা যায়। ইহারা নিম্নে বর্ণিত হইল; যথা—

৭নং পরীক্ষা (৪৫নং চিত্র) একটি টবের গাছের কাণ্ডকে মৃত্তিকার কিছু উপরে কাটিয়া ইহার সহিত একটি T-আকৃতিবিশিষ্ট কাচনল রবার নলের সাহায্যে সংযুক্ত কর। T-নলের horizontal বা শায়িত অংশের সহিত একটি mercury manometer বা পারদ ম্যানোমিটার যুক্ত কর। ম্যানোমিটারটি একটি U-নল বিশেষ যাহার ছোট বাহুতে একটি বাল্ব্ আছে এবং ইহার অর্ধেকে পারদ দ্বারা পূর্ণ

থাকে। সংযোগে স্থানগুলিকে প্যারাফিন দ্বারা উপযুক্তরূপে বায়ুরোধক করে। এইবার T নল ও বাল্‌বের উপরের অংশ জলপূর্ণ করিয়া উহার উপরের অংশটিকে কর্কের সাহায্যে বন্ধ কর। কয়েক ঘন্টা পরে দেখা যাইবে যে, ম্যানোমিটারের দীর্ঘ বাহুর পারদ তলটি কিছু উপরে উঠিয়াছে। এইরূপে দুইটি বাহুর পারদ তলের পার্থক্য হইতে মূলজ প্রেষের পরিমাণ নির্ণয় করা যায়।

৮নং পরীক্ষা (৪৬নং চিত্র) একটি বাঁকানো পার্শ্বনল সমেত কাচনল লও। ইহার উপর প্রান্তে একটি স্টপকক্ আছে। একটি টবের গাছের কাণ্ডকে মৃত্তিকার কিছু উপরে কাটিয়া ইহার সহিত কাচনলটিকে রবার নলের সাহায্যে যুক্ত কর। একটি measuring cylinder বা মাপক চোঙ লও যাহার মুখটি ছিপির দ্বারা বন্ধ। এখন কাচনলের পার্শ্বনলটিকে ঐ ছিপির ছিদ্রের মধ্য দিয়া মাপক চোঙে প্রবেশ করাও এবং সংযোগ স্থানগুলিকে প্যারাফিন দ্বারা উপযুক্তরূপে বায়ুরোধক কর। এই প্রক্রিয়ায় মাপক চোঙস্থ সঞ্চিত জলের বাষ্পীভবন বন্ধ হইয়া যাইবে। এখন স্টপকক্ খুলিয়া কাচনলেন ভিতর এইরূপে জল ঢাল যাহাতে ইহার তল পার্শ্বনল পর্যন্ত পৌঁছায়।



৪৬নং চিত্র—মূলজ প্রেষ

দুই-একদিন বাদে দেখা যাইবে যে, মাপক চোঙের মধ্যে জল সঞ্চিত হইয়াছে। সঞ্চিত জলের পরিমাণই হইল মূলজ চাপের মানের পরিচায়ক।

Conditions necessary for root pressure (মূলজ প্রেষ নিয়ন্ত্রণের জন্য প্রয়োজনীয় কারণগুলি)

অনেকগুলি কারণ দ্বারা মূলজ প্রেষ নিয়ন্ত্রিত হয়। ইহাদের মধ্যে প্রয়োজনীয় কারণগুলি নিম্নে বর্ণিত হইল ; যথা—

1. *Temperature* (তাপমাত্রা)—মৃত্তিকা অথবা বায়বীয় তাপমাত্রা

মূলজ প্রেষকে নিয়ন্ত্রিত করে। প্রায় 35° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় সীমার মধ্যে তাপমাত্রা বৃদ্ধি অথবা হ্রাস পাইলে মূলজ প্রেষও বৃদ্ধি পায়।

2. *Aeration* (বাতায়ন)—মৃত্তিকার বাতায়ন বৃদ্ধি অথবা হ্রাস পাইলে মূলজ প্রেষও বৃদ্ধি অথবা হ্রাস পায়।

3. *Moisture* (জল)—মৃত্তিকায় কৈশিক জলের পরিমাণ বৃদ্ধি পাইলে জলশোষণও বৃদ্ধি পায় এবং ইহাতে মূলজ প্রেষের পরিমাণও প্রচুর বৃদ্ধি পায়।

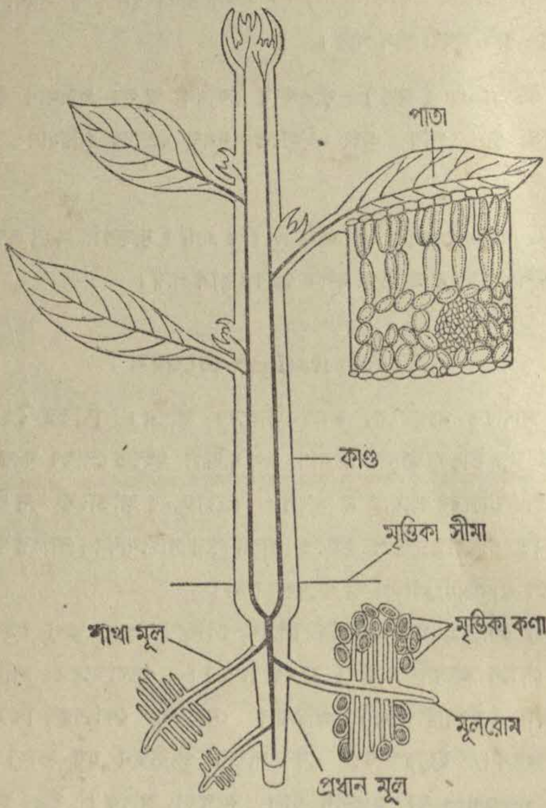
4. *Concentration of salt in the soil* (মৃত্তিকায় লবণ দ্রবণের ঘনত্ব) অধিক হইলে শোষণ মাত্রা তথা মূলজ প্রেষও হ্রাস পায়।

Transpiration (প্রস্বেদন)

ইহা অবিদিত নহে যে, জলই উদ্ভিদের জীবন। বিভিন্ন জৈবনিক কার্য সম্পাদনের জন্য উদ্ভিদ প্রচুর পরিমাণ জল মৃত্তিকা হইতে শোষণ করে কিন্তু ইহার অল্প পরিমাণই উদ্ভিদের প্রয়োজনে আসে। প্রয়োজনের অতিরিক্ত জল উদ্ভিদ পাতা, কাণ্ড প্রভৃতি বায়বীয় অংশ হইতে বাষ্পাকারে বহিঃমাধ্যমে বাহির করিয়া দেয়। এই ঘটনাকে transpiration বা প্রস্বেদন বলে।

মূলদ্বারা শোষিত জল পাতার শিরায় পৌছায় এবং তথা হইতে পাতার মেসফিল কোষে প্রবেশ করে (৪০নং চিত্র)। প্রয়োজনের অতিরিক্ত জল imbibition (ইমবাইবিশন) প্রক্রিয়ায় মেসফিল কোষের ভিতর হইতে বাহিরে আসে। ইহার জন্য যে শক্তির প্রয়োজন হয় তাহা কোষরসের osmotic pressure বা আস্রবণ চাপ অপেক্ষা অধিক। যদি জলীয় বাষ্প দ্বারা বায়ু saturated বা সংপৃক্ত না হয় কেবল তখনই ইমবাইবিশন প্রক্রিয়া ক্রিয়া করে। মেসফিল কোষের বহির্ভাগে অবস্থিত জল এখন বাষ্পীভবন হইয়া কোষমধ্যবর্তী বায়ুপূর্ণ স্থানগুলিকে diffusion বা ব্যাপন ক্রিয়ার সাহায্যে ইহার দ্বারা পূর্ণ করে। এই জলীয় বাষ্পের অধিকাংশই এখন কোষমধবর্তী স্থান হইতে substomatal air chamber বা পত্ররন্ধ্রের বাহিরে আসে। অতএব যে বিশেষ প্রক্রিয়ায় মূলদ্বারা প্রচুর পরিমাণে জল শোষিত হইয়া transpiration current বা রসস্রোতের সাহায্যে উদ্ভিদের বায়বীয় অংশে পরিবাহিত হইয়া অবশেষে প্রোটোপ্লাস্ট কর্তৃক বাষ্পাকারে নির্গত হয় তাহাকে প্রস্বেদন বলে। মনে রাখিতে হইবে যে, প্রস্বেদন ও evaporation বা বাষ্পীভবন একই প্রক্রিয়া

নহে। যদি তাহা হইত সমপরিমাণ জল সমান ক্ষেত্রফলের জলতল ও সজীব উদ্ভিদের তল হইতে একই সময়ে বাষ্পাকারে নির্গত হইত। দেখা গিয়াছে



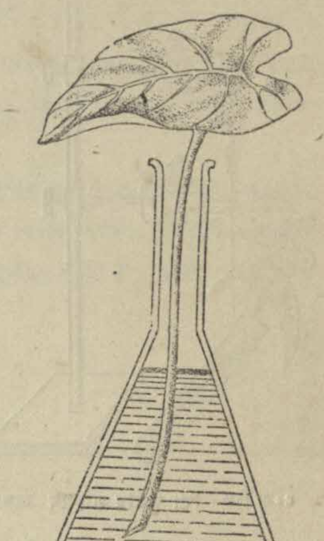
৪৭নং চিত্র—উদ্ভিদের কোষের মধ্যে জলের অনুপ্রবেশ ও বহির্গমন দেখান হইয়াছে

যে, নির্দিষ্ট সময়ে উদ্ভিদের সজীব তলের নির্দিষ্ট ক্ষেত্রফল হইতে যে পরিমাণ প্রস্বেদন হয় তাহা ঐ ক্ষেত্রফলের জলতলের বাষ্পীভবন অপেক্ষা কিছু কম। সুতরাং বলা যাইতে পারে যে, প্রস্বেদন বাষ্পীভবনের রূপান্তর মাত্র এবং ইহার পরিমাণ কোষস্থিত প্রোটোপ্লাজম দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়।

প্রস্বেদন প্রধানত তিন প্রকারের হয়, যথা—(*a*) stomatal বা পত্ররন্ধ্রীয়, (*b*) cuticular বা কিউটিকলীয় এবং (*c*) lenticular বা লেন্টিসেলীয়। সাধারণত পত্ররন্ধ্রীয় প্রস্বেদন অন্যান্য অপেক্ষা অধিক মাত্রায় সংঘটিত হয়; কিন্তু কোনো কোনো ক্ষেত্রে বিশেষত বায়ুতে জলীয় বাষ্পের প্রাচুর্য ঘটিলে

কিউটিকলীয় প্রস্বেদন পত্ররন্ধ্রীয় প্রস্বেদন অপেক্ষা অধিক হইয়া থাকে। দেখা গিয়াছে যে, অতিশয় ঘন কিউটিকলের মধ্য দিয়াও প্রস্বেদন হইতে পারে। কতিপয় উদ্ভিদের ক্ষেত্রে লেন্টিসেলীয় প্রস্বেদন হইতে দেখা যায়।

নিম্নলিখিত প্রক্রিয়ায় প্রস্বেদন নির্ণয় করা যায়; যথা—(*i*) উদ্ভিদের ওজন হ্রাস দ্বারা, (*ii*) একক সময় যে পরিমাণ জল বাষ্পাকারে নির্গত হইবে, অথবা (*iii*) উদ্ভিদ কর্তৃক জল শোষণ ও জল মোচনের হার নির্ণয়ের দ্বারা। নিম্নলিখিত পরীক্ষার দ্বারা প্রস্বেদন প্রক্রিয়া কিরূপে হয় তাহা জানিতে পারা যায়; যথা—



৪৮ নং চিত্র—প্রস্বেদন

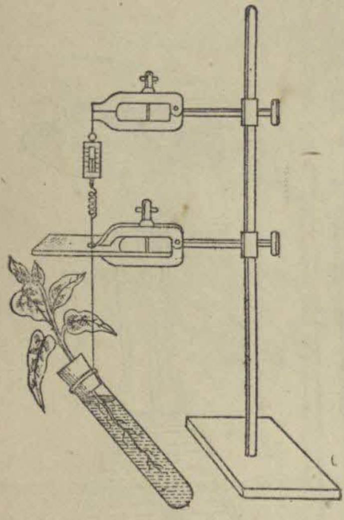
৯নং পরীক্ষা (৪৮নং চিত্র)—একটি ত্রিকোণাকার চ্যাপ্টা ফ্লাস্ক লইয়া প্রায় অর্ধেক জলপূর্ণ কর। এখন একটি বৃন্তযুক্ত-পাতা (যথা, কচুপাতা) লইয়া বৃন্তটিকে জলে ডুবাইয়া দাও। জলে কয়েক ফোঁটা তৈল ঢালিয়া ফ্লাস্কটিকে ওজন কর। 2-3 ঘন্টা সময় অতিবাহিত হইলে ফ্লাস্কটিকে পুনরায় ওজন কর। দেখা যাইবে যে ইহার ওজন কমিয়াছে। দুইটি ওজনের পার্থক্যের পরিমাপই হইল ঐ নির্দিষ্ট সময়ের প্রস্বেদনের পরিমাণ।



৪৯নং চিত্র—প্রস্বেদন

১০নং পরীক্ষা (৪৯নং চিত্র)—অনেকক্ষণ সূর্যালোকে আছে এইরূপ একটি টবের গাছ লইয়া একখণ্ড রবারের চাদরের সাহায্যে কাণ্ডের চারিদিক দিয়া টবের মৃত্তিকা আবৃত কর। এইবার টবটিকে একটি কাচের বেলজারের মধ্যে রাখ। কয়েক ঘন্টা

পরে দেখা যাইবে যে বেলজারের ভিতরের গাত্রে জলকণা সঞ্চিত হইয়াছে। ইহা হইতে প্রমাণিত হয় যে, উদ্ভিদ প্রস্বেদনের সময় যে জলীয় বাষ্প নির্গত করে তাহা বেলজারের শীতল গাত্রের সংস্পর্শে আসিয়া জলকণায় পরিণত হয়।



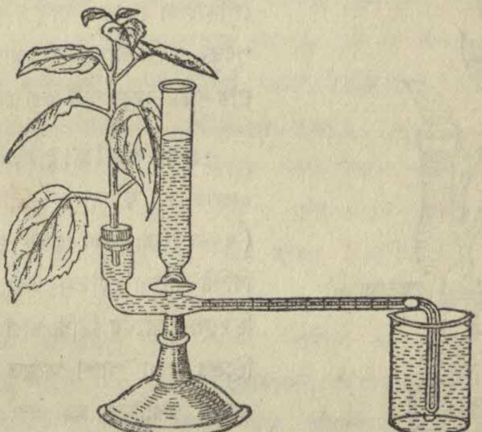
৫০নং চিত্র—স্প্রিং তুলার সাহায্যে প্রস্বেদন

১১নং পরীক্ষা (৫০নং চিত্র) —পাতা সমেত একটি কাণ্ডের অংশ জলের নিচে কাটিয়া উহাকে যত শীঘ্র সম্ভব একটি জলপূর্ণ টেস্ট-টিউবে রাখ। ইহাতে বিপরীত চাপের সৃষ্টি হয় না এবং উদ্ভিদদেহে সহজেই জল প্রবেশ করিতে পারে। এখন বাষ্পীভবন দমন করিবার জন্য জলে স্বল্প তৈল ঢাল। এইবার টেস্ট-টিউবটিকে spring balance বা স্প্রিং-তুলা হইতে ঝুলাইয়া দিয়া উহার ওজন নির্ণয় কর। নির্দিষ্ট সময় অতিবাহিত হইলে পুনরায় উহার ওজন নির্ণয় কর। দেখা যাইবে যে, উহার ওজন কিছু কমিয়াছে। ইহা হইতে প্রতীয়মান হয় যে পাতা সমেত কাণ্ডটি প্রস্বেদন দ্বারা জলমোচন করিয়াছে যাহার ফলে টেস্ট টিউবের ওজন হ্রাসপ্রাপ্ত হইয়াছে।

১২নং পরীক্ষা : Common potometer বা সাধারণ পোটোমিটার সমান ব্যাসের ছিদ্রযুক্ত একটি দীর্ঘ কাচনল লইয়া জলপূর্ণ কর এবং ঐ জলের পরিমাণ measuring cylinder বা মাপক চোঙের সাহায্যে নির্ণয় কর। যে পরিমিত নলের দৈর্ঘ্য এক মিলিলিটার জল ধারণ করিতে পারে উহা মাপা হইল এবং ঐ হিসাবে একটি graph paper বা গ্রাফ কাগজ অংশাঙ্কিত করিয়া নলের সহিত যুক্ত কর। এখন কাচনলটির উভয় প্রান্তের কিছু অংশ সমকোণীরূপে বিপরীত দিকে বাঁকাইয়া দুইটি বাহু গঠন কর। ইহার একটি বাহুর সহিত একটি রবার নল রাখ এবং সমগ্র যন্ত্রটিকে জলপূর্ণ পাত্রে সম্পূর্ণরূপে ডুবাইয়া দাও। এখন পাতা সমেত একটি ক্ষুদ্র কাণ্ড জলের মধ্যে কাটিয়া রবার নলের মধ্যে প্রবেশ করাও এবং সংযোগ স্থলগুলিকে বায়ুরুদ্ধ কর। এখন

কাচনলটিকে জল হইতে তুলিয়া অপর বাহুটিকে জলপূর্ণ আধারে ডুবাইয়া দাও। ইহার পূর্বে ঐ বাহুটিকে জল হইতে ঈষৎ তুলিয়া মৃদু আঘাত করিয়া একটি ক্ষুদ্র বুদ্‌বুদ্‌ গঠন কর। সমগ্র যন্ত্রটিকে এইরূপে স্থাপন কর যেন বুদ্‌বুদ্‌টি কাণ্ড হইতে দূরে অবস্থান করে। এইরূপ অবস্থায় রাখিয়া পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে যে বুদ্‌বুদ্‌টি কাণ্ডের দিকে অগ্রসর হইতেছে। এখন স্টপ ওয়াচের সাহায্যে বিভিন্ন সময় বুদ্‌বুদ্‌টির অবস্থান নির্ণয় করিয়া একক সময় উহার অবস্থান হিসাব করিলে প্রস্বেদন হার জানিতে পারা যায়।

১৩নং পরীক্ষা : (৫১নং চিত্র) *Ganong's potometer* (গ্যানোর পোটোমিটার)—গ্যানোর পোটোমিটার হইল একটি শায়িত অংশাঙ্কিত কাচনল যাহার উভয় প্রান্তের কিছু অংশ সমকোণীরূপে বাঁকিয়া দুইটি বাহু গঠন করিয়াছে।

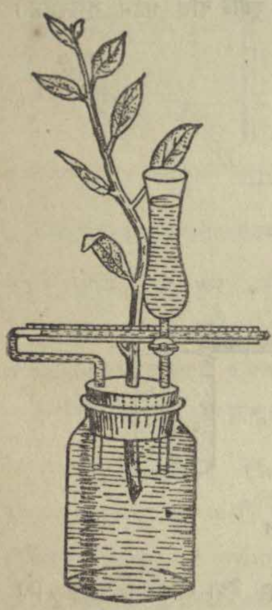


৫১নং চিত্র—গ্যানোর পোটোমিটার

উপরের বাহুর শেষপ্রান্তটি অপেক্ষাকৃত চওড়া এবং ইহা একটি ছিদ্রযুক্ত রবার কর্কদ্বারা বন্ধ করা যায়। এই ছিদ্রের মধ্য দিয়া একটি বিটপের কাণ্ড প্রবেশ করান যায়। শায়িত নলের এই প্রান্তের নিকট স্টপকক্‌ যুক্ত একটি কাচের জলাধার খাড়াভাবে উহার সহিত যুক্ত করা হইয়াছে।

পোটোমিটারটিকে প্রথমে জলে ডুবাইয়া রাখ। একটি বিটপকে জলের মধ্যে কাটিয়া তাড়াতাড়ি খণ্ডিত কাণ্ডটিকে রবার কর্কের ছিদ্রের মধ্যে প্রবেশ করাইয়া কর্কটিকে চওড়া প্রান্তের যথাযথ স্থানে স্থাপন কর। ইহাতে বিপরীত চাপের সৃষ্টি হয় না এবং উদ্ভিদদেহে সহজেই জল প্রবেশ করিতে পারে। এখন

সংযোগ স্থানগুলিকে প্যারাফিন দ্বারা উপযুক্তভাবে বায়ুরোধক কর। লক্ষ্য রাখিতে হইবে যে, জলাধারের স্টপককটি যেন বন্ধ থাকে। নলের সরু বাহুটিকে এখন একটি জলপূর্ণ বীকারের জলে ডুবাইয়া দাও। কয়েক মুহূর্তের জন্য ইহাকে বীকারের জল হইতে তুলিয়া একটি ক্ষুদ্র বুদ্বুদ্ শায়িত নলের মধ্যে প্রবেশ করাও এবং ইহার অবস্থান লক্ষ্য কর। এইরূপে যত সময় যাইবে দেখা যাইবে যে, বুদ্বুদ্‌টি ক্রমে শায়িত নলের বিটপটির দিকে অগ্রসর হইতেছে। বিটপ কর্তৃক প্রস্বেদনের ফলেই বুদ্বুদ্‌টি এইরূপে সরিয়া যাইতেছে। স্টপ ওয়াচের সাহায্যে বিভিন্ন সময় বুদ্বুদ্‌টির অবস্থান লক্ষ্য করিয়া একক সময় ইহার অবস্থান হিসাব করিয়া দেখিলেই প্রস্বেদনের হার জানিতে পারা যায়। বুদ্বুদ্‌টি জলাধার নলের প্রায় শেষপ্রান্তে পৌঁছাইলে ইহার স্টপকক্ খুলিয়া বুদ্বুদ্‌টিকে পূর্বতন স্থানে আনয়ন করা যায় অথবা পূর্বের ন্যায় নূতন বুদবুদ সৃষ্টি করা যায়।



৫২নং চিত্র—ফারমারের পোটোমিটার

১৪নং পরীক্ষা : *Farmer's potometer* (ফারমারের পোটোমিটার)—(৫২নং চিত্র) ইহা একটি আয়তাকার মুখ-বিশিষ্ট কাচের বোতল এবং মুখটি তিনটি ছিদ্রযুক্ত রবারের ছিপি দ্বারা বন্ধ। একটি ছিদ্রের মধ্যে পাতা সমেত কাণ্ডের অংশ প্রবেশ করাইতে হয় এবং অবশিষ্ট দুইটির মধ্যে একটিতে স্টপকক্ যুক্ত জলের আধার ও অপরটিতে তিন বার বাঁকানো অংশাঙ্কিত একটি কাচের নল প্রবেশ করান হইয়াছে।

গ্যানোর পোটোমিটারের ন্যায় এই পোটোমিটারের মূল নীতি একই প্রকার। শায়িত নলের অংশটি শোষণের হার নির্দেশ করে এবং নির্দিষ্ট সময়ের মধ্যে যন্ত্রটির ওজনের তারতম্য হইতে ঐ সময়ে প্রস্বেদনের পরিমাণ জানিতে পারা যায়।

পত্ররন্ধ্রীয় প্রস্বেদন প্রণালী (**Mechanism of Stomatal transpiration**)

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, stomata বা পত্ররন্ধ্রগুলি প্রস্বেদনের একটি অতি প্রয়োজনীয় অংশ। ইহারা দিবাভাগে খুলিয়া যায় কিন্তু রাত্রে বন্ধ থাকে। যদিও আমরা বলিয়া থাকি পত্ররন্ধ্রের রন্ধ্রটি বন্ধ হইয়া যায় তথাপি উহাদের কদাচিৎ সম্পূর্ণ বন্ধ অবস্থায় দেখিতে পাওয়া যায়। প্রতি পত্ররন্ধ্র দুইটি lenticular বা মসুরাকার guard cells বা রক্ষিকোষ ও pore বা রন্ধ্রের সমষ্টি। রক্ষিকোষের রন্ধ্রসংলগ্ন ভিতরের প্রাচীরটি স্থূল কিন্তু বহির্ভাগের কোষপ্রাচীর পাতলা। রক্ষিকোষগুলি পাতার এক প্রকার epidermal বা ত্বক-কোষ হইলেও ইহাদের chloroplast (ক্লোরোপ্লাস্ট) থাকে যাহা অন্যান্য ত্বক-কোষে দেখা যায় না এবং প্রতি রক্ষিকোষে একটি করিয়া সুস্পষ্ট নিউক্লিয়স থাকে। বর্তমানে ইহা নিঃসন্দেহে প্রমাণিত হইয়াছে যে, রক্ষিকোষের turgidity বা রসস্ফীতির তারতম্যের ফলে পত্ররন্ধ্রের হ্রাস-বৃদ্ধি হয়। পত্ররন্ধ্রের এই প্রকার চলন প্রধানত বিভিন্ন প্রকার পত্ররন্ধ্রের গঠনের উপর নির্ভর করে। পত্ররন্ধ্রের প্রকৃত হ্রাস-বৃদ্ধির কারণ নির্ণয়ে অনেক মতবিরোধ থাকিলেও সাধারণ-ভাবে বলা যায় যে, সূর্যালোকে রক্ষিকোষের অন্তর্গত শ্বেতসার পদার্থগুলির hydrolysis বা আর্দ্র-বিশ্লেষণের ফলে উহারা শর্করা দ্রবণে পরিণত হয় যাহার ফলে উহাদের রসস্ফীতি বৃদ্ধি পায়। ইহাতে রক্ষিকোষের বহির্ভাগের পাতলা প্রাচীরটি ভিতরের স্থূল প্রাচীর অপেক্ষা অধিক মাত্রায় প্রসারিত হয় এবং ইহার ফলে রন্ধ্রের আকার বৃদ্ধি পায়। কোনো কোনো বিজ্ঞানী মনে করেন যে, রাত্রি আগমনের সাথে শ্বাসকার্যের ফলে রক্ষিকোষগুলিতে কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ বৃদ্ধি পায় যাহার ফলে উহাদের কোষরসের অম্লতাও বৃদ্ধি পায়। ইহাতে কোষমধ্যস্থ কোলয়ডীয় পদার্থগুলি পৃথক হইয়া রন্ধ্রগুলিকে বন্ধ করিয়া দেয়। আবার দিবাভাগে শ্বাসকার্যের দ্বারা নির্গত কার্বন ডাই-অক্সাইড photosynthesis বা সালোকসংশ্লেষে ব্যয়িত হয়। ইহাতে রক্ষিকোষগুলির কোষরসের অম্লতা হ্রাস হওয়ায় কোলয়ডীয় পদার্থগুলি imbibition (ইমবাইবিশন) প্রক্রিয়ায় পুনরায় জল গ্রহণ করে এবং তাহার ফলে রন্ধ্রগুলির আকার বৃদ্ধি পায়। কিন্তু প্রাচীন বৈজ্ঞানিকগণের মতে রক্ষিকোষের ক্লোরোপ্লাস্ট সূর্যালোকের সাহায্যে দ্রবণীয় শর্করা উৎপাদন করে যাহার জন্য উহাদের রসস্ফীতি বৃদ্ধি পায়। পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণিত হইয়াছে যে, পত্ররন্ধ্রের আকার অপেক্ষা stomatal frequency বা রক্ষিকোষের সংখ্যাধিক্যের অর্থাৎ পত্রতলের একক ক্ষেত্রফলে যে পরিমাণ পত্ররন্ধ্র থাকিবে তাহার উপর প্রস্বেদনহার অধিক মাত্রায় নির্ভর করে।

পত্ররন্ধ্রের প্রাত্যহিক হ্রাস-বৃদ্ধি প্রায় নিয়মিতরূপে সংঘটিত হয় এবং ইহা কতকগুলি কারণের উপর নির্ভরশীল। কারণগুলি হইল যথাক্রমে আলোক, তাপমাত্রা, রক্ষিকোষে জলের পরিমাণ এবং উহাদের pH-এর মান।

Lloyd (লয়েড নামক বিজ্ঞানী পরীক্ষার দ্বারা পত্ররন্ধ্রের আকার নির্ণয় করিতে সমর্থ হইয়াছিলেন এবং Darwin (ডারউইন) নামক বিজ্ঞানী তাঁহার পরীক্ষার দ্বারা বিভিন্ন উদ্ভিদের পত্ররন্ধ্রের হ্রাস-বৃদ্ধির হারের পরিমাণ নির্ণয় করিয়াছিলেন। তাঁহাদের পরীক্ষাগুলি নিম্নে বর্ণিত হইল—

১৫নং পরীক্ষা : *Lloyd's experiment* (লয়েডের পরীক্ষা)—দিবাভাগে *Rheo discolor* বা জহরচাঁপা এবং অন্যান্য উদ্ভিদের পত্রত্বকগুলির অংশ ছাড়াইয়া লইয়া সত্বর absolute alcohol বা নির্জল কোহলে ডুবান হইল। অল্পক্ষণ পরে অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে ইহাদের পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে যে, পত্ররন্ধ্রগুলি দ্রুত জল বিমোচন করিলেও ইহারা কুঞ্চিত হয় না এবং রন্ধ্রগুলির আকার অপরিবর্তিত থাকে। এখন micrometer (মাইক্রোমিটার) দ্বারা বিভিন্ন পত্রত্বকের পত্ররন্ধ্রের আকার মাপিতে হইবে। ইহাতে রন্ধ্রগুলির আকারের তারতম্য জানিতে পারা যাইবে।

১৬নং পরীক্ষা : *Darwin's Porometer* (ডারউইন নির্মিত পোরোমিটার)—এই যন্ত্রের সাহায্যে পত্ররন্ধ্রের হ্রাস-বৃদ্ধির পরিমাণের হার নির্ণয় করা যায়। ইহা এক প্রকার কাচের T-নল বিশেষ যাহার পার্শ্বীয় বাহু দুইটি রবারের নলদ্বারা যুক্ত ; এই নলের খাড়া বাহুটি একটি পারদপূর্ণ অথবা জলপূর্ণ বীকারে ডুবাইয়া রাখা হইয়াছে। নলের শায়িত অংশের একটি বাহু রবার নলের সাহায্যে একটি ফানেলের সহিত যুক্ত করা হইয়াছে। অপর বাহুটিও একটি রবারের নলের সহিত যুক্ত এবং ইহা একটি clip (ক্লীপ) দ্বারা বন্ধ করা হইয়াছে। এখন পাতা সমেত একখণ্ড কাণ্ডকে কাটিয়া সত্বর জলপূর্ণ বীকারে ডুবাইয়া দাও। পাতার যে অংশে পত্ররন্ধ্র থাকে সেই স্থানে ফানেলটি স্থাপন করিয়া জিলেটিন বা গ্লু দ্বারা বায়ুরোধক পরীক্ষা আরম্ভের পূর্বে ক্লীপটি আলগা করিয়া রবার নলে মুখ দিয়া কিছু বায়ু টানিয়া লও। ইহাতে খাড়া নলের মধ্য দিয়া পারদ অথবা জল কিছু উপরে উঠিবে। এই অবস্থায় রবার নলের ক্লীপটি দ্রুত বন্ধ কর। পাতার যে অঞ্চলে ফানেলটি স্থাপন করা হইয়াছে সেই অঞ্চলে যদি পত্ররন্ধ্র না থাকে তাহা হইলে খাড়া নলের পারদস্তম্ভ বা জলস্তম্ভটি স্থির থাকিবে কিন্তু ঐ অঞ্চলে পত্ররন্ধ্র থাকিলে উহা ক্রমশ নামিয়া

যাইবে। স্টপ ওয়াচের সাহায্যে পারদস্তম্ভ বা জলস্তম্ভের পতনের হার নির্ণয় কর। এইরূপে বিভিন্ন উদ্ভিদ লইয়া এই পরীক্ষা সম্পাদন করিলে দেখা যাইবে যে বিভিন্ন উদ্ভিদের ক্ষেত্রে ইহা বিভিন্ন।

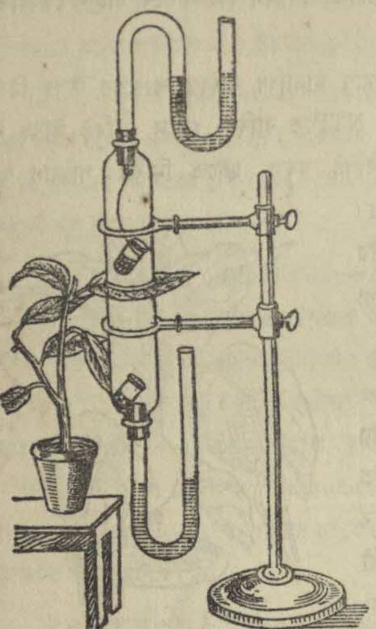
দেখা গিয়াছে যে, প্রস্বেদনের পরিমাণ নানাবিধ বহিঃস্থ কারণের উপর নির্ভর করে এবং ঐ সকল কারণগুলিকে NTPতে রাখিয়া কোন নির্দিষ্ট উদ্ভিদ বা উদ্ভিদসমষ্টি প্রতি একক ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট অঞ্চল হইতে নির্দিষ্ট পরিমাণ জল বায়ুতে বাষ্পাকারে ত্যাগ করে। ইহাকে ঐ উদ্ভিদের বা উদ্ভিদসমষ্টির transpiration co-efficient বা প্রস্বেদনাঙ্ক বলে।


৫৩নং চিত্র—তুলনামূলক প্রস্বেদন

Comparative transpiration (**তুলনামূলক প্রস্বেদন**)—পাতার উভয় তলে পত্ররন্ধ্রগুলি সমভাবে বণ্টিত নহে। দ্বিবীজপত্রী উদ্ভিদের ক্ষেত্রে পাতার নিম্নতলে, একবীজপত্রী উদ্ভিদের ক্ষেত্রে উভয় তলে এবং ভাসমান পত্রের ক্ষেত্রে পাতার উপরিতলে পত্ররন্ধ্র দেখা যায়। ইহার ফলে পাতার উভয় তলে প্রস্বেদনের তারতম্য ঘটে। নিম্নলিখিত ররীক্ষার দ্বারা ইহা বুঝান হইয়াছে—

১৭নং পরীক্ষা : দুইটি rectangular বা আয়তক্ষেত্রের আকারবিশিষ্ট Cobalt chloride paper বা কোবাল্ট ক্লোরাইড কাগজ লও এবং উহাদের একটি dorsiventral leaf বা বিষমপৃষ্ঠ পাতাযুক্ত টবের গাছের পাতার উভয় তলে স্থাপন করিয়া দুইটি কাচের প্লেট দ্বারা উহাদের আবৃত কর। এখন ক্লীপ দ্বারা প্লেট দুইটিকে দৃঢ়ভাবে আটকাইয়া কিনারায় ভেসলিন লাগাইয়া উহাদের উপযুক্তরূপে বায়ুরোধক কর। কয়েক ঘণ্টা পরে ক্লীপ ও প্লেট খুলিলে দেখা যাইবে যে, পাতার নিম্নতলে অবস্থিত কাগজটি ঈষৎ লোহিত বর্ণের হইয়াছে কিন্তু উপরের পাতাটি প্রায় একই রূপ রহিয়াছে। ইহা হইতে প্রমাণিত হয় যে, বিষমপৃষ্ঠ পাতার ক্ষেত্রে উপরিতল অপেক্ষা নিম্নতলে অধিক মাত্রায় প্রস্বেদন হইয়া থাকে।

১৮নং পরীক্ষা : দুইটি সমব্যাসযুক্ত কাচের ছোট বেলজার লও। ইহাদের মুখগুলির প্রত্যেকটি একটি ছিদ্রযুক্ত রবারের রবারের ছিপি দ্বারা বন্ধ। যে বেলজারটি পাতার উপরিতলে স্থাপন করিতে হইবে তাহার ছিপির ছিদ্র দিয়া দুইবার বাঁকানো একটি manometer tube বা ম্যানোমিটার নল প্রবেশ করাও এবং বেলজারের ভিতরের দিকে ছিপির সহিত একটি হুক আটকাইয়া দাও। অনুরূপে অপর বেলজারের ছিপির ছিদ্র দিয়া কেবলমাত্র একবার বাঁকানো একটি ম্যানোমিটার নল প্রবেশ করাও। একটি টেস্ট-টিউবে নির্ধারিত ওজনের কিছু calcium chloride (ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড) লইয়া উপরের জারের হুক হইতে সুতার দ্বারা ঝুলাইয়া দাও এবং



৫৪নং চিত্র—তুলনামূলক প্রস্বেদন

সম ওজনের অপর একটি ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডপূর্ণ টেস্ট-টিউব দ্বিতীয় বেলজারে রাখিয়া দাও। ম্যানোমিটার নলগুলিতে কিছু olive oil (ওলিভ অয়েল) লও। এখন বিষমপৃষ্ঠ পাতাযুক্ত একটি টবের গাছ লইয়া একটি পাতার উভয় তলে বেলজার দুইটিকে দৃঢ়ভাবে স্থাপন কর এবং সংযোগ স্থানগুলিকে ভেসলিন দ্বারা বায়ুরোধক কর। কয়েক ঘণ্টা পরে টেস্ট-টিউব দুইটিকে বেলজার হইতে বাহির করিয়া পুনরায় ওজন করিলে দেখা যাইবে যে, নিম্নের বেলজারের অন্তর্গত টেস্ট-টিউবের ওজন উপরের বেলজারের টেস্ট টিউবের ওজন অপেক্ষা অধিক। ইহা হইতে প্রমাণিত হয় যে, বিষমপৃষ্ঠ পাতার ক্ষেত্রে উপরিতল অপেক্ষা নিম্নতলে অধিক মাত্রায় প্রস্বেদন হইয়া থাকে।

Significance of transpiration (প্রস্বেদনের গুরুত্ব)—প্রস্বেদন সম্বন্ধে বিশেষ তথ্য জানা যাইলেও ইহার গুরুত্ব সম্বন্ধে সম্যক বিবরণ এখনও অজ্ঞাত। কোনো কোনো বিজ্ঞানীর মতে প্রস্বেদন হইল necessary and unavoidable evil অর্থাৎ প্রয়োজনীয় কিন্তু অপরিহার্য ক্ষতিকারক কার্য। আবার

কাহারও কাহারও মতে ইহা উদ্ভিদের একটি অত্যাবশ্যক জৈবনিক কার্য। প্রথমোক্ত ক্ষেত্রে বিজ্ঞানীদের যুক্তি হইল যে, (*a*) প্রস্বেদন দ্বারা উদ্ভিদ অতিরিক্ত অপ্রয়োজনীয় জল শোষণ করে; (*b*) ইহা শোষণ করিতে যে শক্তি ব্যয়িত হয় তাহা উদ্ভিদ অন্যান্য জৈবনিক কার্য সমাধানে ব্যবহার করিতে পারিত এবং (*c*) দ্রুত প্রস্বেদনের ফলে উদ্ভিদের মৃত্যু পর্যন্ত ঘটিতে পারে।

যে সকল বিজ্ঞানীর মতে প্রস্বেদন হইল একটি অত্যাবশ্যক জৈবনিক কার্য তাঁহাদের যুক্তিগুলি নিম্নে বর্ণিত হইল—

(*a*) খাদ্য প্রস্তুত করিবার জন্য পাতায় অজৈব লবণ সরবরাহ করা প্রস্বেদনের একটি প্রধান কার্য;

(*b*) প্রস্বেদনের ফলে উদ্ভিদ মূলরোম দ্বারা শোষিত অতিরিক্ত জল দেহ হইতে বাহির করিয়া দেয়;

(*c*) মূল হইতে পাতার রস পরিচালনার ব্যাপারে প্রস্বেদনই আংশিক দায়ী;

(*d*) ইহা উষ্ণপ্রধান অঞ্চলের উদ্ভিদকে অপেক্ষাকৃত শীতল রাখে;

(*e*) প্রস্বেদনের দ্বারা পত্ররন্ধ্রের যে হ্রাস-বৃদ্ধি হয় তাহা সালোকসংশ্লেষ ও শ্বাসকার্যকে প্রভাবিত করে।

Factors influencing transpiration (প্রস্বেদন প্রভাবিত করিতে প্রয়োজনীয় কারণগুলি)

বহিস্থ ও অন্তস্থ উভয় প্রকার কারণই প্রস্বেদনকে প্রভাবিত করিতে পারে। ইহাদের বিবরণ নিম্নে প্রদত্ত হইল—

A. EXTERNAL FACTORS (বহিস্থ কারণ)

1. Light (আলোক)—আলোক প্রস্বেদনহারকে সর্বাধিক প্রভাবিত করে। Wiesner (ওয়াইজনার) নামক বিজ্ঞানী প্রমাণ করিয়াছেন যে, উন্মুক্ত সূর্যালোকে এবং এমনকি diffused daylight বা বিকীর্ণ দিবালোকেও প্রস্বেদনহার বৃদ্ধি পায়। পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, পত্ররন্ধ্র খুলিতে বা বন্ধ করিতে আলোকের যথেষ্ট প্রভাব আছে। দিবালোকে পত্ররন্ধ্র খুলিয়া যায় এবং আলোকের অভাব ঘটিলে উহারা বন্ধ হইয়া যায়। অতএব দেখা যাইতেছে যে, intensity of light বা আলোকের তীব্রতার দ্বারা প্রস্বেদন-হার নিয়ন্ত্রিত হয়। অধুনা বিজ্ঞানীগণ মনে করেন যে, আলোকের সাহায্যে

প্রোটোপ্লাজম অধিকমাত্রায় permeable বা ভেদ্য হয় বলিয়া কোষপ্রাচীরগুলি দ্রুত সিক্ত হইয়া প্রস্বেদনহার বৃদ্ধি করে।

2. *Humidity* (আর্দ্রতা)—বায়ুমণ্ডলে relative humidity বা আপেক্ষিক আর্দ্রতার পরিবর্তন হইলে প্রস্বেদন হারেরও পরিবর্তন হয়। বায়ুতে জলীয় বাষ্পের পরিমাণ অধিক হইলে প্রস্বেদন হ্রাসপ্রাপ্ত হয় এবং ইহা স্বল্প হইলেও প্রস্বেদনও বৃদ্ধি পায়।

3. *Temperature* (তাপমাত্রা)—ইহার সহিত প্রস্বেদনের সরাসরি কোনও সম্পর্ক নাই। ইহার কারণ বায়ুমণ্ডলে তাপমাত্রার তারতম্য ঘটিলে ইহার আর্দ্রতারও তারতম্য ঘটে, যাহার ফলে প্রস্বেদনের হ্রাস বা বৃদ্ধি পরিলক্ষিত হয়। বায়ুর তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইলে ইহাতে জলীয় বাষ্পের পরিমাণ হ্রাসপ্রাপ্ত হয়, যাহার ফলে প্রস্বেদনও বৃদ্ধি পায়। সেইজন্য অত্যুষ্ণ দিবসে অত্যধিক প্রস্বেদনের ফলে পাতাগুলি নিস্তেজ হইয়া ঝুঁকিয়া পড়ে। মনে রাখিতে হইবে আর্দ্রতা অপরিবর্তিত রাখিয়া তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিলে অথবা তাপমাত্রা অপরিবর্তিত রাখিয়া আর্দ্রতা হ্রাস পাইলে প্রস্বেদনও বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়।

4. *Wind* (বায়ুপ্রবাহ)—বায়ুপ্রবাহের ফলে পত্রতল হইতে সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের স্তর দূরীভূত হয় যাহার ফলে প্রস্বেদনহারও বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়। সেইজন্য দিবাভাগে শুষ্ক বায়ু প্রবলবেগে প্রবাহিত হইলে প্রস্বেদন মাত্রা বৃদ্ধি পায়। কিন্তু লক্ষণীয় বিষয় হইল যে, দিবাভাগে বায়ুপ্রবাহ অতিমাত্রায় প্রবল হইলে পত্ররন্ধ্রগুলি বন্ধ হইয়া যায় যাহার ফলে প্রস্বেদন হ্রাসপ্রাপ্ত হয়।

5. *Atmospheric pressure* (বায়ুমণ্ডলের চাপ)—বায়ুমণ্ডলের চাপের স্বল্প পরিবর্তন হইলে প্রস্বেদনহার প্রায় অপরিবর্তিত থাকিয়া যায়। পরীক্ষার দ্বারা অবশ্য প্রমাণ করা যায় যে, বায়ুমণ্ডলের চাপ হ্রাসপ্রাপ্ত হইলে প্রস্বেদনহার বৃদ্ধি পায়। সেইজন্য উচ্চ পর্বতের উপর অবস্থিত উদ্ভিদগুলির ক্ষেত্রে প্রস্বেদনহার বৃদ্ধির প্রবণতা দেখা যায়, অবশ্য মৃত্তিকা এবং অন্যান্য বায়বীয় কারণগুলির মাত্রা যদি সঠিকভাবে বজায় থাকে।

6. *Water supply in the soil* (মৃত্তিকার জল সরবরাহ)—মৃত্তিকায় অধিকমাত্রায় জল সরবরাহ করিলে জলশোষণ বৃদ্ধি পায় এবং ইহার ফলে প্রস্বেদনহারও বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়। পরন্তু সরবরাহ হ্রাস হইলে প্রস্বেদনও হ্রাস-প্রাপ্ত হয়।

B. INTERNAL FACTORS (অন্তস্থ কারণ)

1. *Stomata* (পত্ররন্ধ্র)—পূর্বে মনে করা হইত যে, পত্ররন্ধ্রগুলিই একমাত্র প্রস্বেদনহার নিয়ন্ত্রিত করে। কিন্তু অধুনা ইহা প্রামাণিত হইয়াছে যে, জৈবনিক ও পারিপার্শ্বিক অবস্থাই একমাত্র প্রস্বেদনহার নিয়ন্ত্রিত করিতে পারে। Loftfield (লফট্‌ফিল্ড) নামক বিজ্ঞানীর মতে পত্ররন্ধ্রগুলির আকার অর্ধেকের অধিক হইলে ইহার প্রস্বেদনহার নিয়ন্ত্রণে সম্পূর্ণ অক্ষম।

2. *Water content of the mesophyll tissue* (মেসোফিল কলার জলের পরিমাণ)—মেসোফিল কলায় জলধারণ করিবার ক্ষমতার উপর প্রস্বেদনহার নির্ভর করে। মেসোফিল কলা হইতে ক্রমাগত জলের পরিমাণ হ্রাস পাইতে থাকিলে ইহার জল ধারণ করিবার ক্ষমতা বৃদ্ধি পায় যাহার ফলে প্রস্বেদনহার হ্রাসপ্রাপ্ত হয়।

Contrivances for checking excessive transpiration (অতিরিক্ত প্রস্বেদন রোধ করিবার উপায়)

অতিমাত্রায় প্রস্বেদন বিভিন্ন প্রণালীতে রোধ হইয়া থাকে। ইহারা নিম্নে বর্ণিত হইল ; যথা—

1. *Reduction in transpiring surface* (প্রস্বেদন ক্ষেত্রের হ্রাস)— (*a*) প্রস্বেদন ক্ষেত্রের অস্থায়ী হ্রাস—(*i*) শীতকালীন শুষ্ক আবহাওয়াতে অথবা শীত আগমনের পূর্বে বহু গাছের পাতা ঝরিয়া পড়িতে দেখা যায়। ইহাতে প্রস্বেদনহার বহুল পরিমাণে হ্রাসপ্রাপ্ত হয় ; (*ii*) পাতাগুলি এইরূপভাবে গুটাইয়া যায় যে পাতার যে পৃষ্ঠে পত্ররন্ধ্র থাকে তাহা পাতার ভিতরের দিকে অবস্থান করে ; সুতরাং পাতাগুলি এমন স্থানে থাকে যেখানে বায়ু স্বভাবতই অনেকটা স্থির।

(*b*) প্রস্বেদন ক্ষেত্রের স্থায়ী হ্রাস—(*i*) পাতা আকারে ক্ষুদ্র হয় ; (*ii*) পাতাগুলি ঘনসন্নিবিষ্ট থাকে ; (*iii*) পাতা সূচ্যাকার বা রসাল হয় ; (*iv*) কাণ্ড রসাল হয় ; (*v*) বৃন্ত পর্ণবৃন্তে পরিণত হয় ও (*vi*) দেহমধ্যে তরুক্ষীর সঞ্চয় করে।

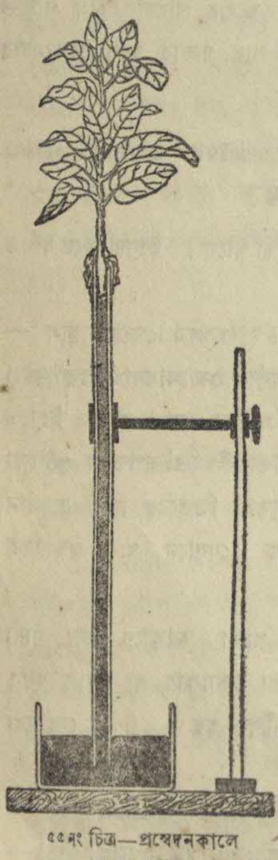
2. *Histological structures controlling transpiration* (প্রস্বেদন নিয়ন্ত্রিত করিতে কলাস্থানের গঠন)—কর্ক, কিউটিকল, মোম, মিউসিলেজ, sunken stomata বা নিহিত পত্ররন্ধ্র প্রভৃতির দ্বারা প্রস্বেদনহার হ্রাসপ্রাপ্ত হয়।

3. *Investing organs for reducing tranpiration* (প্রস্বেদন সংযত

করিতে অঙ্গাবরণ ;—রোম, মুকুলাবরণ, উপপত্র প্রভৃতি আবরণের দ্বারা প্রস্বেদন সংযত হয়।

4. Regulation of illumination (দীপন নিয়ন্ত্রণ)—আলোকের তীব্রতা বৃদ্ধি পাইলে প্রস্বেদনহারও বৃদ্ধি পায়। সেইজন্য পাতাগুলি খাড়াভাবে অথবা আলেকরশ্মির সমান্তরালভাবে সজ্জিত হইতে দেখা যায়। ইহাতে অল্পসংখ্যক আলোকরশ্মি পাতার উপর পতিত হয়।

Transpiration current (রসস্রোত)



৫৫নং চিত্র—প্রস্বেদনকালে জলের শোষণ

প্রস্বেদনের ফলে মেসোফিল কোষের কোষরস গাঢ় হয়। সেই কারণে ইহা osmosis বা আস্রবণ প্রক্রিয়ায় নিকটবর্তী কোষ হইতে জল আকর্ষণ করে। জলের এই আকর্ষণ ক্রমে cell to cell osmosis বা কোষান্তর আস্রবণ প্রক্রিয়ায় পাতার জাইলেম নালিকা পর্যন্ত পৌঁছায়। এখন পাতার জাইলেম হইতে মূলের জাইলেম নালিকা অবিচ্ছিন্ন ও অতি সূক্ষ্ম এবং ইহার মধ্যে একটি অবিচ্ছিন্ন জলের স্তর থাকে। কাজেই প্রস্বেদনের ফলে মেসোফিল কোষে অবস্থিত জলের আকর্ষণের জন্য জাইলেম নালিকার প্রবল suction force বা শোষণ বলের সৃষ্টি হয়। ইহাতে জাইলেম নালিকার মধ্য দিয়া ক্রমাগত জল উপরে উঠিতে থাকে যাহার ফলে ইহাতে এক প্রকার স্রোতের সৃষ্টি হয়। এই স্রোতকে transpiration current বা রসস্রোত বলে।

১৯নং পরীক্ষা : *Suction due to transpiration* (প্রস্বেদনকালে জলের শোষণ), ৫৫নং চিত্র—নয়নতারা বা হাস্নাহানার একটি বিটপ জলের মধ্যে কাটিয়া ইহাকে সত্বর একখণ্ড রবার নলের সাহায্যে জলের মধ্যে অবস্থিত একটি

কাচনলে প্রবেশ করাও। সংযোগ স্থলগুলিকে উপযুক্তরূপে বায়ুরোধক কর। এখন বিটপ সমেত কাচনলটিকে একটি পাত্রমধ্যস্থ পারদে এইরূপে ডুবাইয়া দাও যাহাতে কোন বায়ুর বুদ্‌বুদ্‌ কাচনলে প্রবেশ না করে। কয়েক ঘণ্টা পরে দেখা যাইবে যে কাচনলের মধ্যে কিছু পারদ প্রবেশ করিয়াছে। ইহা হইতে প্রমাণিত হয় যে, প্রস্বেদনকালে বিটপটি কাচনল হইতে জল শোষণ করে যাহার ফলে কাচনলমধ্যস্থ জলে এক প্রকার suction force বা শোষণ বলের সৃষ্টি হয়। এই শোষণ বল পারদস্তম্ভে সঞ্চারিত হয় বলিয়া ইহা উপরে উঠে।

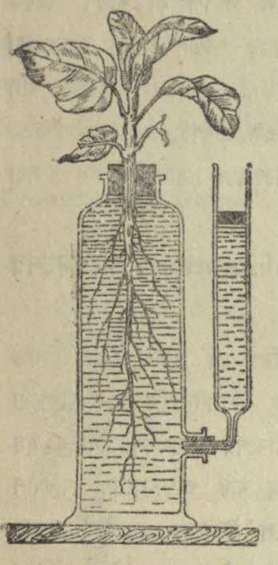
Relation between transpiration and absorption (প্রস্বেদনের সহিত শোষণের সম্বন্ধ)

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, প্রস্বেদনের সময় উদ্ভিদ যে পরিমাণ জল নির্গত করে তাহা মূলরোম দ্বারা মৃত্তিকা হইতে ক্রমাগত শোষিত জলের সাহায্যে পূরণ হয়। যদি এই জলত্যাগের পরিমাণ জল শোষণের পরিমাণের সমান হয় তাহা হইলে পাতাগুলি সতেজ থাকে; কিন্তু যদি জলত্যাগের পরিমাণ অধিক হয় তাহা হইলে অত্যধিক প্রস্বেদনের ফলে উদ্ভিদের বায়বীয় অংশের কোষগুলিতে রসস্ফীতির চাপ হ্রাসপ্রাপ্ত হয় যাহার ফলে ইহা শ্লথ হইয়া ঝুঁকিয়া পড়ে। এইরূপ ঘটনাকে wilting (উইল্টিং বা শ্লথ অবস্থা) বলে। মৃত্তিকার যে শতাংশ জলে কোনো নির্দিষ্ট উদ্ভিদ বা উদ্ভিদসমষ্টির এই প্রকার শ্লথ অবস্থা দেখা যায় তাহাকে মৃত্তিকার coefficient of wilting বা শ্লথ অবস্থার গুণাঙ্ক বলে। যে সকল উদ্ভিদ স্থায়িভাবে এইরূপ শ্লথ অবস্থা প্রাপ্ত হয়, মৃত্তিকায় জল সরবরাহ করিলে তাহারা পুনরায় সতেজ হইয়া উঠে।

২০নং পরীক্ষা: *Relation between transpiration and absorption* (প্রস্বেদনের সহিত শোষণের সম্বন্ধ)—৫৬নং চিত্র

চওড়া মুখযুক্ত এইরূপ একটি কাচের বোতল লও যাহার নিম্নভাগে একটি ছিদ্র আছে। ছিদ্রটি একটি ছিপির দ্বারা বন্ধ। বোতলের চওড়া মুখটিও একটি দ্বিখণ্ডিত রবারের ছিপির দ্বারা বন্ধ। নিম্নদিকে অবস্থিত ছিপির মধ্যে একটি বাঁকানো অংশাঙ্কিত পার্শ্বনল প্রবেশ করান হইয়াছে। এখন বোতলটি জলপূর্ণ কর। নয়নতারা অথবা অনুরূপ ছোট গাছ লইয়া দ্বিখণ্ডিত ছিপির মধ্য দিয়া এইরূপে বোতলে প্রবেশ করাও যাহাতে ইহার মূলটি সম্পূর্ণ জলের মধ্যে থাকে। সংযোগ স্থানগুলিকে উপযুক্তরূপে বায়ুরোধক

কর। এইবার পার্শ্বনলস্থ জলতলে অল্প olive oil বা অলিভ তৈল ঢাল কারণ ইহাতে জলমধ্যস্থ উন্মুক্ত জলতল হইতে বাষ্পীভবন বন্ধ হইবে। এখন বোতলটির ওজন লও এবং পার্শ্বনলস্থ জলতলের উচ্চতা নির্ণয় কর। কিছু সময় অতিবাহিত হইলে বোতলটির ওজন ও পার্শ্বনলের জলতলের উচ্চতা পুনরায় নির্ধারণ কর। দেখা যাইবে যে, ওজন এবং উচ্চতা উভয়ই হ্রাসপ্রাপ্ত হইয়াছে। যে পরিমাণ ওজন হ্রাসপ্রাপ্ত হইয়াছে তাহা প্রস্বেদনের পরিমাণ এবং যে পরিমাণ উচ্চতা হ্রাসপ্রাপ্ত হইয়াছে তাহা জলশোষণের আয়তন নির্দেশ করে। যেহেতু 20° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় এক মিলিমিটার আয়তন জলের ওজন এক গ্রাম, সেইজন্য শোষিত জলের আয়তন সংখ্যায় প্রকাশ করিলে উহার ওজনের সমান হইবে। এই পরীক্ষাটি নিয়মিত সময়ের ব্যবধানে সম্পন্ন করিলে দেখা যাইবে যে, যে পরিমাণ জল প্রস্বেদনের দ্বারা নির্গত হয় তাহা শোষিত জলের ওজনের প্রায় সমান।



৫৬নং চিত্র—প্রস্বেদনের সহিত শোষণের সম্পর্ক

Exudation of Guttation (নিস্রাবণ)

পূর্বেই বলা হইয়াছে প্রস্বেদনের সময় উদ্ভিদদেহ হইতে অতিরিক্ত জল যদি তরল অবস্থাতেই নির্গত হয় তখন ইহাকে exudation or guttation বা নিস্রাবণ বলে। বহু প্রকার দ্বিবীজপত্রী উদ্ভিদের ক্ষেত্রে এই প্রকার নিস্রাবণ দেখা যায়। কচু, দোপাটি, *Tropeolum* (ট্রোপিওলাম), বিভিন্ন প্রকার ঘাস প্রভৃতির ক্ষেত্রে পাতার অগ্রভাগে অথবা প্রান্তে নিস্রাবণের দ্বারা জলবিন্দু জমিতে দেখা যায়।

সাধারণত জলশোষণ বৃদ্ধি এবং প্রস্বেদনহার হ্রাসপ্রাপ্ত হইলে এইরূপ নিস্রাবণ দেখা যায়। সেইজন্য মৃত্তিকায় উষ্ণতা, তাপমাত্রা ও জলীয় বাষ্পপূর্ণ আবহাওয়া এই প্রক্রিয়ার সহায়ক। নিস্রাবণের সহিত root pressure বা মূলজ প্রেষের নিকট সম্বন্ধ আছে। মূলজ প্রেষের বৃদ্ধি বা হ্রাসের ফলে নিস্রাবণ

প্রক্রিয়ারও বৃদ্ধি বা হ্রাস ঘটে। মৃত্তিকায় শর্করা বা লবণের জলীয় দ্রবণ মিশাইলে জলশোষণ হ্রাসপ্রাপ্ত হয়। ইহার ফলে মূলজ প্রেষ ও নিস্রাবণও হ্রাসপ্রাপ্ত হয় এবং এমনকি ইহা বন্ধ হইয়াও যাইতে পারে। সাধারণত আর্দ্র ও উষ্ণ রাত্রিশেষে অথবা অতি প্রত্যূষে নিস্রাবণ হইতে দেখা যায়।

Hydathode (**হাইডাথোড**) অথবা water stomata বা **জলরন্ধ্র** নামক এক প্রকার বিশেষ রন্ধ্রের মধ্য দিয়া নিস্রাবণ প্রক্রিয়ায় জল নির্গত হয়। প্রতি রন্ধ্রের নিম্নে একটি air chamber বা বাতাবকাশ আছে যাহা epithem (এপিথেম) নামক এক প্রকার প্যারেনকাইমা কোষদ্বারা বেষ্টিত। প্রতি বাতাবকাশের নিম্নে পাতার কোনো একটি শিরার জাইলেম নালিকা অবস্থিত। জল শোষণের ফলে জাইলেম নালিকায় যে চাপের সৃষ্টি হয় তাহাতে কোষমধ্যবর্তী স্থানে জল প্রবেশ করে এবং তথা হইতে এই জল রন্ধ্রের মধ্য দিয়া বাহিরে নির্গত হয়। কোনো কোনো ঘাস এবং Leguminosae বা লেগুমিনোসী গোত্রীয় উদ্ভিদের ক্ষেত্রে পত্ররন্ধ্রের মধ্য দিয়াও নিস্রাবণ হইয়া থাকে। নিস্রাবণ প্রক্রিয়ার দ্বারা নির্গত জল বিশুদ্ধ হইতে পারে অথবা ইহা শর্করা বা লবণের জলীয় দ্রবণও হইতে পারে।



৫৭নং চিত্র—নিস্রাবণ

২১নং পরীক্ষা : (৫৭নং চিত্র)—

একটি U-নল জলপূর্ণ করিয়া ইহার একটি মুখ ছিপির দ্বারা বন্ধ কর। দোপাটি অথবা অনুরূপ কোনো বিটপ জলের নিম্নে কাটিয়া উহাকে দ্রুত ছিপির ছিদ্রের মধ্যে প্রবেশ করাও। প্যারাফিন দ্বারা সংযোগস্থানগুলিকে উপযুক্ত-রূপে বায়ুরোধক কর। এখন U-নল হইতে কিছু জল বাহিরে নিক্ষেপ করিয়া খোলা মুখ দিয়া কিছু পারদ ঢালিতে দাও। দেখা যাইবে যে, পাতাগুলির প্রান্ত ও অগ্রভাগ দিয়া নিস্রাবণ প্রক্রিয়ায় বিন্দু বিন্দু জল নির্গত হইতেছে।

Distinction between Transpiration and Exudation
(প্রস্বেদন ও নিস্রাবণের প্রভেদ)

Transpiration (প্রস্বেদন)	Exudation (নিস্রাবণ)
1. জল বাষ্পাকারে নির্গত হয়।	1. জল তরল অবস্থায় নির্গত হয়।
2. নির্গত জল সর্বদাই বিশুদ্ধ।	2. নির্গত জলে লবণ অথবা শর্করা দ্রবীভূত থাকিতে পারে।
3. প্রস্বেদন সাধারণত পত্ররন্ধ্র, কিউটিক্‌ল্ অথবা লেন্টিসেলের মধ্য দিয়া সংঘটিত হয়।	3. নিস্রাবণ সাধারণত জলরন্ধ্র অথবা হাইড্রাথোডের মধ্য দিয়া সংঘটিত হয়।
4. পত্ররন্ধ্রের কার্যকলাপের দ্বারা প্রস্বেদন নিয়ন্ত্রিত হয়।	4. নিস্রাবণ বলিতে গেলে নিয়ন্ত্রণ করা যায় না।
5. প্রস্বেদনের ফলে পাতার তাপমাত্রা হ্রাস পায়।	5. নিস্রাবণের ফলে পাতার তাপমাত্রার বিশেষ তারতম্য হয় না।
6. প্রস্বেদন প্রধানত দিবাভাগে হইয়া থাকে।	6. নিস্রাবণ প্রধানত রাত্রিশেষে বা অতি প্রত্যূষে সংঘটিত হয়।

Bleeding (রস-মোক্ষণ)—উদ্ভিদের কাণ্ড বা অন্যান্য অংশ কর্তন করিলে বা উহা আঘাত প্রাপ্ত হইলে তখন ঐ স্থান হইতে এক প্রকার রস নির্গত হয়। ইহাকে bleeding বা রস-মোক্ষণ বলে। তাল, খেজুর প্রভৃতি উদ্ভিদের ক্ষেত্রে এই প্রকার রস-মোক্ষণের দ্বারা উহাদের রস সংগ্রহ করা হয়।

Movement of water within the plant body (উদ্ভিদদেহের অভ্যন্তরে জল সংবহন)

বহুকাল পূর্ব হইতেই বিজ্ঞানীরা মনে করিতেন যে, মূলদ্বারা শোষিত জল জাইলেম নালিকার দ্বারা উপর দিকে প্রবাহিত হইয়া পাতা অথবা উদ্ভিদের অন্যান্য সবুজ অংশে পৌঁছায় এবং ঐ স্থানে খাদ্য প্রস্তুত করিবার পর উহা ফ্লোয়েম দ্বারা উদ্ভিদের বর্ধিষ্ণু অঞ্চলের অথবা সঞ্চয় অঙ্গে পরিবাহিত হয়। উদ্ভিদের আকার ক্ষুদ্র হইলে এইরূপ জল উত্তোলনে স্বল্প চাপেরই প্রয়োজন হয় কিন্তু উচ্চতা অধিক হইলে ঐ চাপের পরিমাণও বৃদ্ধি পায়। পৃথিবীর মধ্যে

উচ্চতম উদ্ভিদ হইল *Sequoea* (সিকুয়া) নামক এক প্রকার প্রাচীন ব্যক্তবীজী পাইন জাতীয় উদ্ভিদ যাহার উচ্চতা প্রায় 100 মিটারেরও অধিক হইয়া থাকে। ইহা ব্যতীত বর্তমানে যে সকল উদ্ভিদ দেখা যায় তাহাদের মধ্যে *Eucalyptus* (ইউক্যালিপটাস), কয়েক প্রকার Palmae বা পাম গোত্রীয় উদ্ভিদও প্রচুর উচ্চতাসম্পন্ন হয়। জানা গিয়াছে যে, প্রতি 30 মিটার উচ্চতার জলের স্তরকে যথাযথ ধারণ করিতে প্রায় 10 গুণ বায়বীয় চাপের প্রয়োজন হয় কিন্তু উহা যখন জাইলেম নালিকার মধ্য দিয়া উপরে উঠিতে থাকে তখন ঐ চাপের পরিমাণও প্রায় দ্বিগুণ হইয়া যায়।

Ascent of sap (**রসের উৎস্রোত**)—যে প্রক্রিয়ার দ্বারা রস উদ্ভিদের শোষণ অঞ্চল হইতে gravity বা অভিকর্ষের বিরুদ্ধে উহার উচ্চতম অংশে উত্থিত হয় তখন তাহাকে ascent of sap বা রসের উৎস্রোত বলে।

Theories of ascant of sap (রসের উৎস্রোত সম্বন্ধে মতবাদ)

রসের উৎস্রোতের সঠিক কারণ নির্ণয়ে বর্তমানেও বিভিন্ন মতভেদ রহিয়াছে। বিজ্ঞানীগণ বিভিন্ন সময়ে এই সম্বন্ধে বিভিন্ন মতবাদ লিপিবদ্ধ করিয়াছেন। ইহাদের মধ্যে কয়েকটি প্রয়োজনীয় মতবাদ নিম্নে বর্ণিত হইল; যথা—

1. *Root pressure theory* (মূলজ প্রেষসংক্রান্ত মতবাদ)—কোনো কোনো বিজ্ঞানী মনে করিতেন যে, গুল্ম বা বীরুৎ শ্রেণী উদ্ভিদের ক্ষেত্রে জল শোষণের ফলে জাইলেম নালিকায় যে মূলজ প্রেষের সৃষ্টি হয় তাহার ফলে জল উপরে উঠিয়া পাতা ও শাখা-প্রশাখায় বিস্তার লাভ করে। কিন্তু উচ্চ বৃক্ষের ক্ষেত্রে কেবলমাত্র মূলজ প্রেষ এইরূপ রস উত্তোলনে অংশ গ্রহণ করিতে পারে না। দেখা গিয়াছে যে, রস উত্থিত হইতে প্রায় দুইগুণ বায়বীয় চাপের প্রয়োজন হয় কিন্তু উচ্চবৃক্ষের ক্ষেত্রে এই চাপের পরিমাণ অত্যধিক।

2. *Vitalistic theory* (অধিপ্রাণবাদ)—অধিপ্রাণবাদের মূল তত্ত্ব হইল যে মৃত জাইলেম নালিকাসংলগ্ন জীবিত কোষগুলি রসস্রোতে অংশগ্রহণ করে। Godlewski (গড্‌লিউস্কি) এবং আচার্য জগদীশচন্দ্র বসু মহাশয় এই তত্ত্বের সমর্থক ছিলেন। 1884 খ্রীষ্টাব্দে গড্‌লিউস্কির প্রকাশিত মতবাদ হইল যে medullary rays বা মজ্জাংশস্থিত জীবিত কোষের নিয়মিতরূপে সঙ্কোচন ও প্রসারণের ফলে উহাদের osmotic pressure বা অভিস্রবণ চাপেরও নিয়মিত হ্রাস-বৃদ্ধি হইতে

থাকে, যাহার ফলে রসস্রোতের সৃষ্টি হয়। আচার্য বসু বিশদ পরীক্ষার দ্বারা গড্‌লিউস্কির মতবাদ সমর্থন করিয়া রসের উৎস্রোত সম্বন্ধ অধিকতর বিস্তৃত বিবরণ প্রদান করিয়াছিলেন। পরীক্ষাকালে তিনি লক্ষ্য করিয়াছিলেন যে, কাণ্ডের এণ্ডোডারমিস সংলগ্ন কর্টেক্সের জীবিত কোষের সহিত একটি galvanometer (গ্যালভানোমিটার)-এর সংযোগ স্থাপন করিলেই ইহার needle বা কাঁটার deflection বা বিক্ষেপ ঘটে। ইহার দ্বারা তিনি এই সিদ্ধান্তে উপনীত হন যে, সর্বনিম্ন কর্টেক্সের কোষগুলিতে এক প্রকার rhythmic pulsation বা স্পন্দন মাত্রার সৃষ্টি হয় যাহাকে হৃৎপিণ্ডের স্পন্দনের সহিত তুলনা করা যায়। তাঁহার মতে কোনো একটি কোষ সঙ্কুচিত হইলে উহার কোষরস pumping action বা পাম্পের ক্রিয়ার সাহায্যে উহার উপরে অবস্থিত কোষে সংবাহিত হয়। এইরূপে কোষ হইতে ক্রমে উপরিভাগে অবস্থিত কোষান্তরে রস-সংবহনে এক প্রকার relay pump বা পর্যায়ক্রমিক পাম্পের ন্যায় কার্যের সৃষ্টি হয়। তাঁহার মতে ইহাই রসস্রোতের মূল কারণ।

Strasburger (স্ট্রাস্‌বারগার) নামক বিজ্ঞানী উপরিলিখিত মতবাদের তীব্র বিরোধিতা করিয়া বলেন যে, জাইলেম নালিকাই একমাত্র রস উত্তোলনে অংশ গ্রহণ করে এবং কর্টেক্সের মধ্য দিয়া নহে। ইহার প্রমাণস্বরূপ তিনি বলেন যে, কোনো কাণ্ডকে ঘন পিকরিক অ্যাসিড অথবা ফুটন্ত জলে ডুবাইয়া পরে সাধারণ শীতল জলে ডুবাইলে দেখা যাইবে যে যদিও কর্টেক্সের কোষগুলি বিনষ্ট হইয়া গিয়াছে তথাপি জাইলেম নালিকা দিয়া কিছুক্ষণ জল সংবহন হইতে থাকে।

3. *Physical force theories* (ভৌতশক্তি-সংক্রান্ত মতবাদ)—এই মতবাদের মূল তত্ত্ব হইল যে, জীবিত উদ্ভিদ কোষরসের উৎস্রোতে কোনো প্রকার অংশ গ্রহণ করে না; পরন্তু কয়েকটি physical forces বা ভৌতশক্তি ক্রিয়া করিবার ফলে রসের উৎস্রোতের সৃষ্টি হয়। এই সকল ভৌতশক্তিগুলি নিম্নে বর্ণিত হইল; যথা—

(*a*) *Atmospheric pressure* (বায়বীর চাপ)—পূর্বে ইহাকে রসস্রোতের একটি কারণ বলা হইত কিন্তু অধুনা এইরূপ ধারণার আর প্রচলন নাই। ইহার কারণস্বরূপ বলা হইয়াছে যে, কেবলমাত্র বায়বীয় চাপের দ্বারা 10 মিটার পর্যন্ত জল উঠিতে পারে।

(*b*) *Capillary force* (কৈশিক বল)—কতিপয় বিজ্ঞানী মনে করেন

যে জাইলেম নালিকা ও ট্র্যাকিডগুলি অতি সূক্ষ্ম capillaries বা কৈশিক ঝিল্লী বিশেষ। রস ইহার মধ্যে প্রবেশ করিলে তখন ঐ সকল কৈশিক ঝিল্লী এক প্রকার capillary force বা কৈশিক বল প্রয়োগ করে যাহার ফলে রসের উৎস্রোত হয়। কিন্তু উচ্চ বৃক্ষ বা জাইলেম নালিকাবিহীন ব্যক্তবীজী উদ্ভিদের ক্ষেত্রে এই মতবাদ রসের উৎস্রোত প্রমাণ করে না।

(*c*) *Imbibition force* (ইমবাইবিশান বল)—Sachs (স্যাক্‌স্) নামক বিজ্ঞানী মনে করিতেন যে, লিগনিনযুক্ত জাইলেম নালিকার কোষপ্রাচীর রসের উপর এক প্রকার imbibition force বা ইমবাইবিশান বল প্রয়োগ করে যাহার ফলে ইহার উৎস্রোত ঘটে। তাঁহার মতে নালিকার গহ্বরের মধ্য দিয়া রস উত্থিত হয় না। তিনি বায়বীয় চাপের প্রায় 100 গুণ অবধি ইমবাইবিশান বলের পরিমাণ প্রত্যক্ষ করিয়াছিলেন এবং এই তথ্যের উপর ভিত্তি করিয়া তিনি উচ্চ বৃক্ষের ক্ষেত্রে রসের উৎস্রোত প্রমাণে সচেষ্ট হইয়াছিলেন; কিন্তু কোনো কোনো বিজ্ঞানী তাঁহার বিরুদ্ধাচরণ করিয়া প্রমাণ করিয়াছিলেন যে, জাইলেম নালিকা বন্ধ করিলে রসের উৎস্রোত বন্ধ হইয়া যায়। সুতরাং ইমবাইবিশান বল রসের উৎস্রোতের প্রকৃত কারণ নহে।

(*d*) *Cohesive force* (সংশক্তিজনিত বল)—1895 খ্রীষ্টাব্দে Dixon and Jolly (ডিক্সন্ ও জলি) নামক বিজ্ঞানীদ্বয় প্রত্যক্ষ করেন যে, জলের অণুগুলি পরস্পর পরস্পরকে এক প্রকার প্রবল শক্তিতে আকর্ষণ করে। জাইলেম নালিকার মধ্যে একটি অবিচ্ছিন্ন জলের স্তর থাকে যাহা কখনই বায়ুর বুদ্‌বুদ্ দ্বারা বিচ্ছিন্ন হয় না। প্রস্বেদনের ফলে এই অবিচ্ছিন্ন জলের স্তরটি উপরের দিকে এক প্রকার longitudinal pull বা দৈর্ঘ্যটানের বশবর্তী হয় যাহাকে transpiration pull বা প্রস্বেদন টানও বলা হয়। ঐ সকল নিরীক্ষার দ্বারা উপরিউক্ত বিজ্ঞানীদ্বয় এই সিদ্ধান্তে উপনীত হন যে, উদ্ভিদের মূল হইতে পাতায় যে অবিচ্ছিন্ন জলের স্তর থাকে তাহা প্রস্বেদন টানের সহায়তায় অতি উচ্চে উঠিতে সক্ষম। উত্তম সংশক্তির জন্য নিম্নলিখিত কারণগুলি থাকা প্রয়োজন: যথা—(*a*) কাণ্ডের উপরিভাগে অবস্থিত প্যারেনকাইমা কোষগুলিতে higher osmotic concentration বা অধিক মাত্রায় পরিস্রবণ-সংক্রান্ত ঘনত্ব থাকা প্রয়োজন যাহাতে রস উপরে উঠিতে পারে; (*b*) জলের সংশক্তি বল যথেষ্ট থাকা প্রয়োজন; (*c*) জলের স্তরে কোনো প্রকার বায়ুর বুদ্‌বুদ্ প্রবেশ করিতে না পারে; এবং (*d*) জাইলেম নালিকাটি সুদৃঢ় হওয়া প্রয়োজন। যদিও

সংশক্তিজনিত বল সম্বন্ধে মতবাদের কিছু কিছু ত্রুটি দেখিতে পাওয়া যায় তথাপি রসের উৎস্রোতের ইহাই প্রকৃষ্ট সত্যতা প্রমাণ করে।

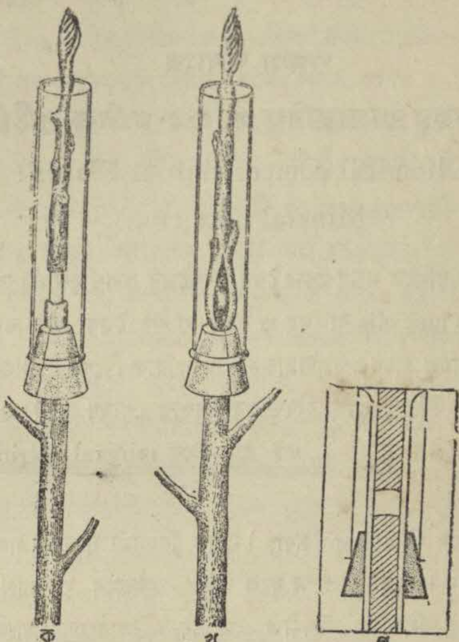
অতএব উপরি-উক্ত বিভিন্ন মতবাদ হইতে এইরূপ ধারণা করা যায় যে, জাইলেম নালিকা মধ্যস্থ জলকণা capillary force বা কৈশিক বল ও cohesive force বা সংশক্তিজনিত বলের বশবর্তী হয় বলিয়া মূল হইতে পাতা পর্যন্ত অতি সূক্ষ্ম জাইলেম নালিকার মধ্যে একটি অবিচ্ছিন্ন জলের স্তর গঠন করে। প্রস্বেদনের সময় উহার উপর এক প্রকার longitudinal pull বা দৈর্ঘ্য টান অথবা transpiration pull বা প্রস্বেদন টান ক্রিয়া করে যাহার ফলে অতি উচ্চ বৃক্ষের ক্ষেত্রেও উহা ক্রমাগত উত্থিত হইতে পারে।

Path of the ascending sap (রসের উৎস্রোত পথ)—জাইলেম নালিকা দিয়া যে রস উত্থিত হয় তাহা নিম্নলিখিত পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণ করা যায়—

২২নং পরীক্ষা ঃ রসের উত্থানের পথ (৫৮নং চিত্র)—একটি নরম কাণ্ড-যুক্ত Balsam বা দোপাটি গাছের মূলটিকে উত্তমরূপে পরিষ্কার করিয়া eosine বা ইওসিন দ্রবণে ডুবাইয়া রাখ, কয়েক ঘণ্টা পরে দেখা যাইবে যে, পাতার শিরাগুলি লোহিত বর্ণ ধারণ করিয়াছে। এখন কাণ্ডটির দৈর্ঘ্য অথবা প্রস্থচ্ছেদ করিয়া অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে যে, জাইলেম নালিকার প্রাচীরটি লোহিত বর্ণে পরিণত হইয়াছে। ইহা হইতে সুস্পষ্ট ভাবে প্রমাণিত হয় যে, জাইলেম নালিকা দিয়া ইয়োসিন উত্থানের ফলেই ইহার প্রাচীর লোহিত বর্ণ ধারণ করিয়াছে।

২৩নং পরীক্ষা ঃ *Ringing experiment* (বলয় আকারে কর্তন পরীক্ষা)—ক্রোটোন অথবা অনুরূপ উদ্ভিদ লও যাহার বাহিরের নরম অংশ ভিতরের কাষ্ঠল অংশ হইতে সহজেই পৃথক করা যায়। এইরূপ উদ্ভিদের দুইটি শাখা লইয়া জলের মধ্যে কাটিতে হইবে। এখন ধারালো ছুঁচের সাহায্যে একটি শাখার ফ্লোয়েম সমেত বাহিরের প্রায় 25 মিলিমিটার দৈর্ঘ্য স্থান বলয় আকারে কাট। অপর শাখাটির ক্ষেত্রে বিপরীত পার্শ্বের স্থান দৈর্ঘ্যে ছেদ করিয়া ভিতর হইতে কাষ্ঠল অংশটি এইরূপে সযত্নে কাটিয়া অপসারণ কর যাহাতে বাহিরের ফ্লোয়েমের অংশের কোনো প্রকার ক্ষতি না হয়। এখন শাখা দুইটিকে একটি কাচের বীকারে জলের মধ্যে কয়েক ঘণ্টা ডুবাইয়া রাখিলে দেখা যাইবে যে, প্রথম শাখাটির পাতাগুলি সতেজ রহিয়াছে কিন্তু দ্বিতীয়

শাখাটির পাতাগুলি শ্লথ হইয়া পড়িয়াছে। ইহা হইতে প্রতীয়মান হয় যে, জাইলেম নালিকা দিয়াই জল উপরে উত্থিত হয়।



২৮নং চিত্র—রসের উত্থানের পথ—(ক) শাখার ফ্লোয়েম কাটিয়া ফেলা হইয়াছে ; (খ) শাখার জাইলেম কাটিয়া ফেলা হইয়াছে ; (গ) খ-এর এক অংশ বর্ধিত করিয়া দেখান হইয়াছে।

২৪নং পরীক্ষা ঃ Clogging of the xylem vessels (জাইলেম নালিকা বন্ধকরণ পরীক্ষা)—একটি উদ্ভিদের শাখাকে জলের নিম্নে কাটিয়া তৎক্ষণাৎ গলিত paraffin (প্যারাফিন)-এ কিয়ৎক্ষণ ডুবাইয়া রাখ। এখন শাখাটিকে প্যারাফিনের গলন হইতে তুলিয়া যে প্রান্তটিকে কাটা হইয়াছে তাহার স্বল্পাংশ ছেদ করিয়া অপসারণ কর এবং উহাকে জলে ডুবাইয়া রাখ। প্রায় 24 ঘণ্টা পরে দেখা যাইবে যে, জাইলেম নালিকাটির প্যারাফিন দ্বারা বন্ধ হওয়ার ফলে জলশোষণ ব্যাহত হইয়াছে।

পূর্বে বিজ্ঞানীগণ মনে করিতেন যে, জাইলেম তন্তুর মধ্য দিয়া জল পরিবাহিত হয় কিন্তু বর্তমানে ইহা স্পষ্টতই প্রতিপন্ন হইয়াছে যে কেবলমাত্র জাইলেম নালিকা এবং ট্রাকডের গহ্বরই জল সংবহনে অংশ গ্রহণ করে। Strasburger (স্ট্রাসবারগার) নামক বিজ্ঞানী পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণ করেন যে, জাইলেম নালিকার উপর এবং নিম্ন উভয় দিক দিয়াই জল পরিবাহিত হয়।

পঞ্চম অধ্যায়

উদ্ভিদদেহের রাসায়নিক গঠন ঃ খনিজ পুষ্টিবিধান

(Chemical composition of Plants : Mineral nutrition)

উদ্ভিদের খাদ্য বলিতে নানাপ্রকার জৈব ও অজৈব পদার্থ বুঝায়। কার্বোহাইড্রেট, প্রোটিন এবং fats and oils বা স্নেহ ও তৈল জাতীয় জৈব খাদ্য ব্যতীত বিভিন্ন প্রকার অজৈব খনিজ লবণ প্রোটোপ্লাজম গঠন করিতে বিশেষ প্রয়োজন হয়। এই সকল অজৈব খাদ্য উদ্ভিদ মৃত্তিকা হইতে দ্রব অবস্থায় শোষণ করে ও ইহার দ্বারা উদ্ভিদের গঠন ও পুষ্টিসাধন হয়। এই প্রক্রিয়াকে mineral nutrition বা খনিজ পুষ্টিবিধান বলে।

1656 খ্রীষ্টাব্দে Glauber (গ্লবার) নামক বিজ্ঞানী সর্বপ্রথম লক্ষ্য করেন যে, মৃত্তিকায় পটাসিয়ম নাইট্রেট মিশ্রণের ফলে উদ্ভিদ সুষ্ঠুভাবে বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়। ইহা হইতে তিনি এই সিদ্ধান্তে উপনীত হন যে, উপরোক্ত পদার্থের মৌলগুলি উদ্ভিদের বৃদ্ধি ও গঠনের প্রধান সহায়ক। 1840 খ্রীষ্টাব্দে Liebig (লাইবীগ) নামক বিজ্ঞানী এই তথ্য নির্ধারণ করেন যে মৃত্তিকায় উদ্ভিদের অন্যান্য প্রয়োজনীয় মৌলগুলি বর্তমান থাকিলেও যদি কোনো একটি অত্যাবশ্যক মৌল অনুপস্থিত থাকে তাহা হইলে উদ্ভিদের বৃদ্ধি ও গঠন যথেষ্ট ব্যাহত হয়। 1865 খ্রীষ্টাব্দে Knop (নপ্), Sachs (স্যাক্স) প্রভৃতি বিজ্ঞানীগণ খনিজ পুষ্টিবিধান সম্বন্ধে যথাযথ পরীক্ষা করিয়া প্রত্যেকে নিজ নিজ culture solutions বা পুষ্টিসাধন সহায়ক বিশেষ দ্রবণ প্রস্তুত করিয়াছিলেন। পরবর্তীকালে এই সম্বন্ধে প্রচুর গবেষণা হইয়াছে এবং বর্তমানেও গবেষণা কার্য চলিতেছে।

Elements constituting the plant body (উদ্ভিদদেহের মৌলিক উপাদান)

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, উদ্ভিদের খাদ্য বলিতে কার্বোহাইড্রেট, প্রোটিন এবং স্নেহ ও তৈল জাতীয় জৈব খাদ্য বুঝায়। ইহারা কতকগুলি মৌলিক

উপাদান লইয়া গঠিত এবং synthesis বা সংশ্লেষ প্রণালীতে প্রোটোপ্লাজম কর্তৃক ইহারা গঠিত হয়। Chemical analysis বা রাসায়নিক বিশ্লেষণের দ্বারা জানা যায় যে, ঐ সকল জৈব খাদ্য কার্বন (C), হাইড্রোজেন (H), অক্সিজেন (O), নাইট্রোজেন (N), গন্ধক (S), ফসফরাস (P), পটাসিয়ম (K), ক্যালসিয়ম (Ca), ম্যাগনেসিয়ম (Mg), লৌহ (Fe) প্রভৃতি মৌলিক উপাদানের সমষ্টি। এই সকল মৌলগুলি বিভিন্ন অজৈব পদার্থ হইতে সংগৃহীত হয়। ইহা অবিদিত নহে যে, সবুজ বর্ণের উদ্ভিদ সাধারণত জৈব খাদ্য মৃত্তিকা হইতে সরাসরি গ্রহণ করিতে সক্ষম। সেইজন্য খাদ্য গ্রহণ প্রক্রিয়া অনুযায়ী দুই প্রকার উদ্ভিদ দেখা যায়, যথা—autotrophic বা স্বভোজী এবং heterotrophic বা পরভোজী। ইহাদের সম্বন্ধে বিস্তৃত আলোচনা পূর্বেই করা হইয়াছে। রাসায়নিক বিশ্লেষণের দ্বারা দেখা গিয়াছে যে, উপরোক্ত মৌলগুলির মধ্যে কতকগুলি উদ্ভিদের দেহ গঠনের জন্য বিশেষ প্রয়োজন। ইহাদের essential elements বা অপরিহার্য মৌল বলে। অপরিহার্য মৌল বলিতে কার্বন, হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, গন্ধক, ফসফরাস, ক্লোরিন, আয়োডিন, বোরন, সিলিকন, সোডিয়ম, পটাসিয়ম, ক্যালসিয়ম, ম্যাগনেসিয়ম, লৌহ, তাম্র, অ্যালুমিনিয়ম, দস্তা, ম্যাঙ্গানীজ, মলিবডিনাম প্রভৃতি বুঝায়। ইহারা আবার দুই শ্রেণীতে বিভক্ত; যথা (*a*) Macronutrients (ম্যাক্রোনিউট্রিয়েন্ট) অর্থাৎ পরিপোষণে সহায়তা করিতে যাহাদের প্রচুর পরিমাণ প্রয়োজন হয়; যথা কার্বন, হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, গন্ধক, ফসফরাস, পটাসিয়ম, ক্যালসিয়ম, ম্যাগনেসিয়ম ও লৌহ এবং (*b*) Micronutrients (মাইক্রোনিউট্রিয়েন্ট) অর্থাৎ পরিপোষণে সহায়তা করিতে যাহা স্বল্প পরিমাণে প্রয়োজন হয়; যথা, ক্লোরিন, আয়োডিন, তাম্র, দস্তা প্রভৃতি অবশিষ্ট অপরিহার্য মৌল। সেইজন্য ইহাদের trace elements বা স্বল্পমাত্রার মৌল নামেও অভিহিত করা হয়।

Role of a few essential elements (কতিপয় অপরিহার্য মৌলের কার্য)

1. Nitrogen (নাইট্রোজেন)—নাইট্রোজেন মৃত্তিকা হইতে নাইট্রেট, নাইট্রাইট ও অ্যামোনিয়ামের দ্রবণীয় লবণ হিসাবে উদ্ভিদ কর্তৃক শোষিত হয়। ইহা প্রোটোপ্লাজম, ক্লোরোফিল এবং প্রোটিনের একটি অত্যাবশ্যকীয় উপাদান। উদ্ভিদের বৃদ্ধি ও গঠনের জন্যও ইহার প্রয়োজনীয়তা অত্যধিক। নাইট্রোজেনের

অভাব ঘটিলে উদ্ভিদের বৃদ্ধি ব্যাহত হয় এবং ছত্রাক ও নানাবিধ ব্যাকটিরিয়ার দ্বারা ইহারা সহজেই আক্রান্ত হইতে পারে।

2. Sulphur (গন্ধক)—উদ্ভিদের দেহগঠনে গন্ধকের বিশেষ প্রয়োজন। ইহার উপস্থিতিতে শোষণ-অঞ্চল অর্থাৎ মূল উৎপাদনকারী অঞ্চল দ্রুত বৃদ্ধি পায়। ক্লোরোফিলের সবুজ বর্ণও উহার উপস্থিতির উপর নির্ভর করে। গন্ধকের অভাব ঘটিলে ক্লোরোপ্লাস্টের সবুজ বর্ণ ম্লান হইয়া যায়। ইহার উপস্থিতিতে leguminous plants বা লেগুমিনোসী গোত্রীয় উদ্ভিদের ক্ষেত্রে nodules বা অর্বুদ উৎপাদনের সংখ্যা বৃদ্ধি পায়।

3. Phosphorus (ফস্‌ফরাস)—উদ্ভিদের বিপাকীয় কার্য সমাধানের জন্য ফসফরাস প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষভাবে বিশিষ্ট অংশ গ্রহণ করে। নির্দিষ্ট সীমার মধ্যে মৃত্তিকায় ফসফরাসের পরিমাণ বর্ধিত করিলে ফসল উৎপাদনের পরিমাণও বৃদ্ধি পায়। ফসফরাসের অভাব ঘটিলে পাতাগুলি বেগুনী লোহিত বর্ণে পরিণত হয়, পটাসিয়ামের শোষণ ব্যাহত হয়, স্বাভাবিক শ্বাসকার্যের ব্যাঘাত ঘটে ও প্রোটিন সংশ্লেষ বিঘ্নিত হয়।

4. Potassium (পটাসিয়ম)—বিভিন্ন উদ্ভিদের ক্ষেত্রে পটাসিয়ম বিভিন্ন গুরুত্বপূর্ণ কার্য সমাধান করে। ইহার উপস্থিতিতে উদ্ভিদের রোগ-প্রতিরোধক শক্তি বৃদ্ধি পায়। উদ্ভিদের জলধারণ করিবার ক্ষমতা পটাসিয়মের পরিমাণের উপর নির্ভর করে। উদ্ভিদের জীবনধারণের জন্য বিশেষত কার্বোহাইড্রেট বিপাকে, প্রোটোপ্লাজম গঠনে এবং দ্রুত কোষ বিভাজনে ইহা অত্যাবশ্যক। বিভিন্ন রাসায়নিক ক্রিয়াতে পটাসিয়ম catalyst বা অনুঘটকরূপে আচরণ করে। ইহার অভাব ঘটিলে ফসল উৎপাদন বিঘ্নিত হয় এবং storage organs বা সঞ্চয় অঙ্গগুলি ক্ষুদ্রাকৃতির হয়। কেহ কেহ মনে করেন যে, কয়েকটি enzyme action বা এনজাইমের ক্রিয়ায় পটাসিয়ম বিশেষ অংশ গ্রহণ করে; আবার কাহারও কাহারও মতে প্রোটিন সংশ্লেষে ইহা অত্যাবশ্যক।

5. Calcium (ক্যালসিয়ম)—উদ্ভিদের দেহ গঠনের জন্য ক্যালসিয়ম বিশেষ প্রয়োজন। এতদ্ব্যতীত কার্বোহাইড্রেট সংবহন এবং মৃত্তিকা হইতে রস শোষণের জন্যও ইহার বিশেষ প্রয়োজন হয়। উদ্ভিদের বিপাকের জন্য এই প্রক্রিয়ায় অক্সালিক অ্যাসিড প্রভৃতি যে সকল অনিষ্টকারী পদার্থ উৎপাদন হয় তাহাদিগকে neutralise বা প্রশমিত করিতে ক্যালসিয়মের প্রয়োজন হয়।

ক্যালসিয়মের অভাবে বর্ধিষ্ণু অঞ্চলের কোষবিভাজন ব্যাহত হয়। নাইট্রোজেনের বিপাকেও ইহা বিশেষ অংশ গ্রহণ করে।

6. Magnesium (ম্যাগনেসিয়ম)—ম্যাগনেসিয়মকে ফসফরাসের বাহক-রূপে গণ্য করা হয়। ইহা খাদ্যশোষণ ও শ্বাসক্রিয়ার বিশেষ অংশ গ্রহণ করে। সংশ্লেষ প্রক্রিয়ায় ইহা অত্যাবশ্যক ক্রিয়া করে এবং ইহা ক্লোরোফিলের একটি অতি প্রয়োজনীয় উপাদান। ম্যাগনেসিয়মের অভাব ঘটিলে উদ্ভিদের অগ্রভাগ wilted বা শ্লথ হইয়া শুষ্ক হইয়া যায় এবং ক্রমে ঝরিয়া পড়ে।

7. Iron (লৌহ)—ক্লোরোফিল গঠন করিতে লৌহের বিশেষ প্রয়োজন। শ্বাসকার্যেও ইহার প্রয়োজনীয়তা আছে। শ্বাসকার্যের সময় প্রয়োজনীয় এনজাইমে যে লৌহঘটিত পদার্থ থাকে তাহাই শ্বাসকার্যে অংশ গ্রহণ করে। লৌহের অভাবে উদ্ভিদের কাণ্ড ও পাতা পীতবর্ণে পরিণত হয়। এইরূপ অবস্থাকে chlorosis (ক্লোরোসিস) বলে।

8. Chlorine (ক্লোরিন)—উদ্ভিদের বিপাকের সময় যদিও ক্লোরিন প্রত্যক্ষ কোনো প্রকার অংশ গ্রহণ করে না তথাপি পুষ্টিবিধানে ইহা পরিপোষক পদার্থগুলির মধ্যে ions বা আয়নগত পারস্পরিক সম্বন্ধের পরিবর্তন সাধন করে এবং ইহার ফলে বিভিন্ন উদ্ভিদ বিভিন্ন প্রকারে প্রভাবিত হয়।

9. Boron (বোরন)—বর্তমানে উদ্ভিদের উপর বোরনের প্রভাব সম্বন্ধে সবিশেষ তথ্য জানা গিয়াছে। উদ্ভিদের বৃদ্ধি এবং গঠন ইহার উপর নির্ভরশীল, কিন্তু পরিমাণ অধিক হইলে ঐ সকল গুণাবলী ব্যাহত হয়। প্রতি দশ লক্ষের মধ্যে এক ভাগেরও কম পরিমাণ বোরনই উদ্ভিদের স্বাভাবিক বৃদ্ধির পক্ষে যথেষ্ট। বোরনের অভাব ঘটিলে মূলে অথবা কাণ্ডের অগ্রস্থ ভাজক কলাগুলি ক্ষতিগ্রস্ত হয়। Leguminous plants বা লেগুমিনোসী গোত্রীয় উদ্ভিদের ক্ষেত্রে বোরনের সহায়তায় মূলের nodules বা অর্বুদ উৎপন্ন হয়। ইহা ক্যালসিয়ম ও পটাসিয়মের বিপাকে এবং প্রোটিন সংশ্লেষে সাহায্য করে। বোরনের অভাব ঘটিলে conducting system বা সংবহন কলাতন্ত্র ক্ষতিগ্রস্ত হয়, পাতাগুলি শ্লথ হইয়া ঝুঁকিয়া পড়ে, কাণ্ড ও পত্রবৃন্ত ভঙ্গুর হইয়া পড়ে এবং মূলের উৎপাদন ব্যাহত হয়। ইহার অভাবে বীট, আলু, শালগম, ফুলকপি প্রভৃতি বিভিন্ন প্রকার রোগের দ্বারা আক্রান্ত হয়।

10. Silicon (সিলিকন)—সিলিকন ফসফরাসঘটিত যৌগ পদার্থের

গ্রহণ ও বিপাকে সহায়তা করে। কেহ কেহ মনে করেন যে, সিলিকনের উপস্থিতিতে কোষপ্রাচীর দৃঢ় হয় এবং কীটপতঙ্গ ও ছত্রাক আক্রমণে ইহা বাধা প্রদান করে।

11. Sodium (সোডিয়াম)—উদ্ভিদের উপর সোডিয়ামের ক্রিয়া পারিপার্শ্বিক অবস্থার উপর নির্ভর করে। সোডিয়ামের উপস্থিতিতে উদ্ভিদে পটাসিয়মের শোষণ ব্যাহত হয়। পটাসিয়মের অভাবে কখনও কখনও ইহা পটাসিয়মের কার্যও সম্পাদন করে। কতিপয় লবণের বিষক্রিয়ার প্রতিষেধক-রূপেও ইহা ব্যবহৃত হয়।

12. Aluminium (অ্যালুমিনিয়ম)—উদ্ভিদের বৃদ্ধি ও ফসল উৎপাদনে অ্যালুমিনিয়ম বিশিষ্ট অংশ গ্রহণ করে। ইহা উদ্ভিদ ও মৃত্তিকার মধ্যে পারস্পরিক সম্বন্ধ স্থাপন ও কোষের কার্য নিয়ন্ত্রণ করে। অ্যালুমিনিয়মের অভাবে starch (স্টার্চ) উৎপাদন ব্যাহত হয়, প্রোটোপ্লাজমের permeability বা ভেদ্যতা বৃদ্ধি পায় যাহার ফলে শর্করার পরিমাণ হ্রাসপ্রাপ্ত হয়, এনজাইমের ক্রিয়া বৃদ্ধি পায় এবং photosynthesis rate বা সালোকসংশ্লেষ হার ব্যাহত হয়। ফুলের বিচিত্র রঙের উপরও ইহার যথেষ্ট প্রভাব দেখা যায়।

13. Copper (তাম্র)—তাম্র oxidizing-reducing বা জারণ-বিজারণ এনজাইমের একটি প্রয়োজনীয় উপাদান। উদ্ভিদের শ্বাসক্রিয়ার উপরও ইহার যথেষ্ট প্রভাব আছে। তাম্রের অভাব ঘটিলে নেবু ও অন্যান্য উদ্ভিদ এক প্রকার রোগের দ্বারা আক্রান্ত হয় এবং পাতাগুলি শ্লথ হইয়া ঝুঁকিয়া পড়ে।

14. Zinc (দস্তা)—রাই, মটর, পিঁয়াজ প্রভৃতি উদ্ভিদের ফসল উৎপাদনে ইহা অংশ গ্রহণ করে। Aspergillus (অ্যাসপারজিলাস নামক ছত্রাকের ক্ষেত্রে ইহা একপ্রকার stimulant বা উদ্দীপক পদার্থরূপে ক্রিয়া করে। ইহা carbonic anhydrase (কার্বনিক অ্যানহাইড্রেজ) নামক এনজাইমের এবং indole acetic acid (IAA) বা ইনডোল অ্যাসিটিক অ্যাসিডের একটি প্রয়োজনীয় উপাদান। ইহার অভাব ঘটিলে নেবু, ভুট্টা প্রভৃতি উদ্ভিদ কয়েক প্রকার রোগের দ্বারা আক্রান্ত হয়। উদ্ভিদের স্বাভাবিক বিপাকীয় কার্য চালাইতে অতি স্বল্প পরিমাণ দস্তা থাকা বিশেষ প্রয়োজন। দস্তার অভাবে মূলের অগ্রভাগের বৃদ্ধি ও বীজ উৎপাদন ব্যাহত হয়।

15. Manganese (ম্যাঙ্গানীজ)—উদ্ভিদের বৃদ্ধির জন্য ইহার প্রয়োজন হইয়া থাকে। শ্বাসকার্যে ইহা catalyst বা অনুঘটকরূপে কার্য করে। ইহার

অভাবে কার্বোহাইড্রেটের বিপাক বিঘ্নিত হয় ; ক্লোরোফিলের উৎপাদন হ্রাসপ্রাপ্ত হয় ; উদ্ভিদের বৃদ্ধি ব্যাহত হয় এবং জননকার্যের ব্যাঘাত ঘটে।

16. Molybdenum (মলিবডিনাম)—ইহা অতি অল্প পরিমাণে প্রয়োজনে লাগে। উদ্ভিদের নাইট্রেটের পরিমাণ হ্রাস করিতে ইহা অংশ গ্রহণ করে। Azotobacter (অ্যাজোটোব্যাকটার) এবং Rhizobium (রাইজোবিয়াম) নামক nitrogen-fixing bacteria অথবা নাইট্রোজেন স্থিতিকরণ ব্যাকটিরিয়ার ক্ষেত্রে অতি স্বল্প পরিমাণ মলিবডিনামের উপস্থিতিতে নাইট্রোজেন স্থিতিকরণ কার্য বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়।

Sources of various kinds of food elements (বিভিন্ন প্রকার খাদ্যের মৌলিক উপাদানের উৎপত্তিস্থান)

উদ্ভিদ পুষ্টিকারক পদার্থগুলিকে মৌলরূপে গ্রহণ করে না ; পরন্তু ইহারা যৌগরূপেই গৃহীত হয়। ইহাদের মধ্যে প্রয়োজনীয় মৌলের উৎপত্তিস্থান সম্বন্ধে নিম্নে আলোচনা করা হইয়াছে ; যথা—

Carbon (কার্বন)—উদ্ভিদদেহ প্রধানত কার্বন দ্বারা গঠিত ; বায়ুমণ্ডলের কার্বন ডাই-অক্সাইড হইতেই উদ্ভিদ কার্বন সংগ্রহ করিয়া থাকে। নিমজ্জিত উদ্ভিদের ক্ষেত্রে জলে দ্রবীভূত কার্বন ডাই-অক্সাইড হইতে কার্বন গৃহীত হয়।

Hydrogen and oxygen (হাইড্রোজেন)—ও অক্সিজেন)—মৃত্তিকাস্থিত জল প্রধানত বিশ্লেষিত হইয়া উদ্ভিদকে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন সরবরাহ করে ; তবে নানাবিধ লবণ ও অক্সাইড হইতেও উদ্ভিদ অক্সিজেন সংগ্রহ করে।

Nitrogen (নাইট্রোজেন :– নাইট্রোজেন nitrate (নাইট্রেট) ও ammonium salt (অ্যামোনিয়ম লবণ) আকারে গৃহীত হয়। কয়েকটি leguminous plants বা লেগুমিনোসী গোত্রীয় উদ্ভিদের ক্ষেত্রে symbiosis (সিমবায়োসিস) নামক এক প্রকার বিশেষ প্রক্রিয়ায় বায়বীয় নাইট্রোজেন fixation বা স্থিরীকরণের দ্বারা উদ্ভিদ কর্তৃক গৃহীত হয়। ইহার সম্বন্ধে বিশদ বিবরণ পরবর্তী অধ্যায়ে আলোচনা করা হইয়াছে। পতঙ্গভুক উদ্ভিদ মৃত পতঙ্গের দেহ হইতে নাইট্রোজেন সংগ্রহ করে।

Potassium, Calcium, Magnesium and Iron (পটাসিয়ম, ক্যালসিয়ম, ম্যাগনেসিয়ম ও লৌহ)—এই সকল পদার্থ মৃত্তিকা হইতে নানাবিধ ধাতব যৌগ হিসাবে উদ্ভিদ কর্তৃক গৃহীত হয়। পটাসিয়ম প্রধানত

nitrate (নাইট্রেট)-রূপে এবং কখনও কখনও chloride (ক্লোরাইড) ও sulphate (সালফেট)-রূপেও উদ্ভিদ গ্রহণ করে।

Chlorine, Bromine ard Iodine (ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিন)—ইহারা chloride (ক্লোরাইড), Bromide (ব্রোমাইড) ও Iodide (আয়োডাইড)-রূপে উদ্ভিদ কর্তৃক গৃহীত হয়।

Silicon and Boron (সিলকন ও বোরন)—ইহাদিগকে উদ্ভিদ silicate (সিলিকেট) ও borate (বোরেট)-রূপে সংগ্রহ করে।

উদ্ভিদদেহ গঠনের জন্য যে সকল মৌলিক পদার্থের প্রয়োজন হয় নিম্নলিখিত পরীক্ষাগুলির দ্বারা ইহাদিগের বিষয়ে জানিতে পারা যায় ; যথা—

(*a*) *Chemical analysis* (রাসায়নিক বিশ্লেষণ) এবং (*b*) *culture experiments* (অনুশীলনী পরীক্ষা)।

(*a*) *Chemical analysis*—এই প্রণালীতে উদ্ভিদ অথবা উহার কোনও অংশকে নির্গম নলযুক্ত একটি বৈদ্যুতিক চুল্লীতে উত্তপ্ত করা হয়। নির্গম নল হইতে নির্গম গ্যাসগুলি সংগ্রহ করিয়া বিশ্লেষণ করা হয়। অবশিষ্ট পদার্থটি ash বা ভস্মে পরিণত হইলে ইহার রাসায়নিক বিশ্লেষণ করা হয়।

২৫নং পরীক্ষা ঃ *Ash analysis experiment* (ভস্ম বিশ্লেষণ পরীক্ষা) —একটি সম্পূর্ণ উদ্ভিদ বা উহার অংশকে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র খণ্ডে কাটিয়া একটি crucible বা মুচিতে লইয়া ওজন কর। এইবার ইহাকে electric furnace বা বৈদ্যুতিক চুল্লীতে প্রায় 100° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় উত্তপ্ত কর। ইহাতে জলীয় অংশ বাষ্পাকারে দূরীভূত হইয়া যাইবে। পুনরায় মুচিটিকে ঠাণ্ডা করিয়া ওজন কর। এই দুইটি ওজনের পার্থক্য হইতে উদ্ভিদদেহে কি পরিমাণ জল ছিল তাহা নির্ধারণ করা যায়। মুচিতে অবস্থিত শুষ্ক পদার্থটিকে এখন bunsen flame বা বুনসেন শিখায় প্রায় 600° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় এইরূপে উত্তপ্ত কর যতক্ষণ পর্যন্ত না উহা হইতে কার্বন সম্পূর্ণরূপে দূরীভূত হয়। মুচিতে অবস্থিত পদার্থ টির ধূসর বর্ণের সর্বশেষ চিহ্নটি অদৃশ্য হইলেও বুঝা যাইবে যে, ইহা হইতে কার্বন সম্পূর্ণরূপে অপসারিত হইয়াছে। এখন মুচিতে যে ash বা ভস্ম পড়িয়া রহিল তাহাকে dessicator (ডেসিকেটর)-এ শীতল করিয়া পুনরায় ওজন কর। উক্ত ওজন হইতে উৎপন্ন ভস্মের ওজন পাওয়া যাইবে। এখন নিম্নলিখিত রাসায়নিক প্রণালীতে ভস্মের বিশ্লেষণ কর ; যথা—

(i) কিয়ৎ পরিমাণ ভস্ম লইয়া লঘু HNO_3 বা নাইট্রিক অ্যাসিড দ্রবীভূত

করিয়া filter বা পরিস্রাবিত কর। নিম্নলিখিত প্রণালীতে filter বা পরিস্রুতের রাসায়নিক পরীক্ষা কর ঃ

Experiment (পরীক্ষা)	Observation (নিরীক্ষা)	Inference (সিদ্ধান্ত)
(*a*) পরিস্রুতে কয়েকটি ফোঁটা $AgNO_3$ বা সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ মিশাইলে,	এক প্রকার শ্বেত বর্ণের precipitate বা অধঃক্ষেপ পড়িতে দেখা যায় ;	ক্লোরিনের অস্তিত্ব প্রমাণ করে।
(*b*) পরিস্রুতে Ammonium molybdate (অ্যামোনিয়ম মলিবডেট) দ্রবণ মিশাইয়া ইহাকে steam-bath বা স্টীম গাহে উত্তপ্ত করিয়া তৎপরে শীতল করিলে,	এক প্রকার হলুদ বর্ণের crystalline বা কেলাসিত অধঃক্ষেপ পড়িতে দেখা যায় ;	ফসফরাসের অস্তিত্ব প্রমাণ করে।
(*c*) পরিস্রুতের সহিত অ্যাসিটিক অ্যাসিডের zinc acetate (জিঙ্ক অ্যাসিটেট) ও uranyl acetate (ইউরানিল অ্যাসিটেট) মিশ্রিত করিলে,	এক প্রকার পাণ্ডুর পীতবর্ণের অধঃক্ষেপ পড়িতে দেখা যায় ;	সোডিয়মের অস্তিত্ব প্রমাণ করে।

(২) পুনরায় কিয়ৎ পরিমাণ ভস্ম লইয়া লঘু উত্তপ্ত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া filter বা পরিস্রাবিত কর এবং নিম্নলিখিত প্রক্রিয়ায় পরিস্রুতের রাসায়নিক পরীক্ষা কর ঃ

Experiment (পরীক্ষা)	Observation (নিরীক্ষা)	Inference (সিদ্ধান্ত)
(*a*) পরিস্রুতে Barium chloride (বেরিয়ম ক্লোরইড) মিশ্রিত করিলে,	শ্বেত বর্ণের কেলাসিত অধঃক্ষেপ পড়িতে দেখা যায় ;	গন্ধকের অস্তিত্ব প্রমাণ করে।

Experiment (পরীক্ষা)	Observation (নিরীক্ষা)	Inference (সিদ্ধান্ত)
(*b*) পরিস্রুতে লঘু NH_4OH (অ্যামোনিয়ম হাইড্রক্সাইড) ও কয়েক ফোঁটা অতিরিক্ত সম্পৃক্ত অ্যামোনিয়ম অক্সালেট দ্রবণ মিশ্রিত করিলে,	শ্বেত বর্ণের অধঃক্ষেপ পড়িতে দেখা যায়;	ক্যালসিয়মের অস্তিত্ব প্রমাণ করে।
(*c*) পরিস্রুতে লঘু NH_4OH (অ্যামোনিয়ম হাইড্রক্সাইড) এবং অতিরিক্ত সম্পৃক্ত অ্যামোনিয়ম অক্সালেট দ্রবণ মিশ্রিত করিয়া পরিস্রাবিত করিতে হইবে। পরিস্রুতে ডাইসোডিয়ম হাইড্রোজেন ফসফেট মিশ্রিত করিলে,	এক প্রকার কেলাস উৎপন্ন হইতে দেখা যায়;	ম্যাগনেসিয়মের অস্তিত্ব প্রমাণ করে।
(*d*) পরিস্রুতে কয়েক ফোঁটা পটাসিয়ম থায়ো-সায়ানেট মিশ্রিত করিলে,	ইহা রক্ত বর্ণ ধারণ করে;	লৌহের অস্তিত্ব প্রমাণ করে।

দেখা গিয়াছে যে, যে সকল উপাদান লইয়া ভস্ম গঠিত তাহাদিগের পরিমাণ বিভিন্ন উদ্ভিদের ক্ষেত্রে বিভিন্ন। উদ্ভিদের বৃদ্ধির সাথে উহার কলায় অবস্থান, আলোক, মৃত্তিকা ও অন্যান্য বায়বীয় কারণের জন্যই ভস্মের উপাদানের এইরূপ তারতম্য পরিলক্ষিত হয়। উদাহরণস্বরূপ বলা যায় যে, পুরাতন উদ্ভিদ অপেক্ষা নূতন উদ্ভিদের ক্ষেত্রে ভস্মের উপাদানের পরিমাণ অধিক এবং কাণ্ড ও পাতার ভস্ম ও বিশ্লেষণ করিয়া দেখা গিয়াছে যে, পটাসিয়ম ও ক্যালসিয়মের শতকরা পরিমাণও অধিক। অনুরূপে বীজগুলিতে ফসফরাস ও ম্যাগনেসিয়মের সর্বোচ্চ শতকরা পরিমাণ দেখা যায়।

(*b*) *Culture experiments* (অনুশীলনী পরীক্ষা)—উদ্ভিদদেহ কি কি মৌলিক পদার্থ দ্বারা গঠিত তাহা chemical analysis বা রাসায়নিক

বিশ্লেষণ দ্বারা জানিতে পারা যায় ; কিন্তু ঐ সকল পদার্থ কিরূপে উদ্ভিদ কর্তৃক গৃহীত হয় অথবা উহারা পুষ্টিবিধানে সহায়ক কিনা তাহা এই পরীক্ষার দ্বারা জানিতে পারা যায় না। সেইজন্য বিজ্ঞানীগণ গবেষণার দ্বারা আর একপ্রকার পরীক্ষায় নির্ধারণ করেন্ যাহার দ্বারা যে সকল অত্যাবশ্যকীয় যৌল উদ্ভিদের বিভিন্ন খাদ্য প্রস্তুতিতে এবং ক্রমে নূতন কলাগঠনে অংশ গ্রহণ করে সেই সকল বিষয়ে জানিতে পারা যায়। উক্ত পরীক্ষার মূল তথ্য হইল যে, মৃত্তিকার পরিবর্তে বিশুদ্ধ বালু, কাঁকর অথবা লবণের দ্রবণে উদ্ভিদকে জন্মাইতে দিয়া উহার বৃদ্ধি ও গঠন লক্ষ্য করা। শেষোক্ত ক্ষেত্রের লবণের দ্রবণকে water culture (জল অনুশীলন) বা solution culture (দ্রবণ অনুশীলন) বলা হয়। কিন্তু এই পরীক্ষার একটি অসুবিধা হইল যে, এই প্রক্রিয়ায় দ্রবণকে আলোড়িত করিবার ও বায়ু চালনা করিবার বন্দোবস্ত করিতে হয় যাহা সাধারণ মৃত্তিকায় প্রয়োজন হয় না। বর্তমানে water culture (জল অনুশীলনের) পরিবর্তে sand culture বা বালুকা অনুশীলনে অথবা gravel culture বা কাঁকর অনুশীলনে উদ্ভিদকে জন্মাইতে দিয়া উহার বৃদ্ধি ও গঠন লক্ষ্য করা হয়। এইরূপ ব্যবস্থায় লবণ দ্রবণ অপেক্ষা উহাদের ব্যবহার অপেক্ষাকৃত সহজ এবং ইহাতে কৃত্রিম প্রণালীতে বায়ু চালনা করিবার প্রয়োজন হয় না। এইরূপ মৃত্তিকাবিহীন উপযুক্ত রাসায়নিক পদার্থযুক্ত মাধ্যমে টমাটো, কুমড়া, বিভিন্ন প্রকার শাকসব্জি প্রভৃতি সুষ্ঠুভাবে উৎপাদন করা যায় এবং এইরূপ ব্যবস্থাকে hydroponics (হাইড্রপনিক্স) বলে।

২৬নং পরীক্ষা : *Water culture experiment* (উদ্ভিদের জল অনুশীলন

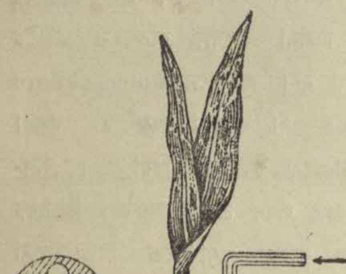


৫৯নং চিত্র—উদ্ভিদের জল অনুশীলন পরীক্ষা

দ্রবণ পরীক্ষা)—একই আকারের আটটি জার অথবা বোতল লও (৫৯নং

চিত্র)। জারগুলিকে যথোপযুক্ত পরিষ্কার করিয়া প্রথমে নাইট্রিক অ্যাসিড ও পরে distilled water বা পাতিত জলে ধুইয়া বীজাণুমুক্ত কর। প্রতি জারের মুখ দুইটি করিয়া ছিদ্রযুক্ত ছিপির দ্বারা বন্ধ করা যায় (একটি ছিদ্র ছিপির মধ্যস্থলে এবং অপরটি পার্শ্বে)। ছিপির মধ্যস্থলে অবস্থিত ছিদ্রের মধ্য দিয়া কোনো উদ্ভিদের মূল ও পার্শ্বের ছিদ্র দিয়া একটি করিয়া বাঁকানো কাচনল প্রবেশ করান হয়.। মূলগুলিকে সহজে প্রবেশ করাইবার জন্য বিদীর্ণ ছিপি লওয়া হয়।

এখন normal culture solution বা সাধারণ অনুশীলন দ্রবণ প্রস্তুত করিয়া প্রথম জারে ঢাল। পুনরায় সাত প্রকার পদার্থের দ্রবণ এইরূপে প্রস্তুত কর যাহাতে পটাসিয়ম, ক্যাল-সিয়ম, ম্যাগনেসিয়ম, লৌহ, নাইট্রো-জেন, গন্ধক ও ফসফরাস পর্যায়ক্রমে বাদ দেওয়া হয়। ইহাদিগকে যথাক্রমে—K.—Ca,—Mg প্রভৃতির দ্বারা যথাযথ চিহ্নিত সাতটি জারে ঢালিয়া পূর্ণ কর।



৬০নং চিত্র—ভুট্টার দানার সাহায্যে জল অনুশীলন পরীক্ষা

সাধারণ অনুশীলন দ্রবণ হইতে কোনো একটি নির্দিষ্ট মৌলকে বাদ দিবার সময় লক্ষ্য রাখিতে হইবে যে, উহার সহিত লবণ গঠনকারী অন্য কোনো মৌল বাদ না যায়। সুতরাং উক্ত মৌলের পরিবর্তে যে নূতন মৌলের দ্বারা লবণ প্রস্তুত করিতে হইবে তাহার valency বা যোজ্যতার কোনো প্রকার পরিবর্তন সাধিত না হয় এই বিষয়ে দৃষ্টি রাখা কর্তব্য।

1860 খ্রীষ্টাব্দ হইতে যে সকল বিজ্ঞানী যে-সকল সাধারণ অনুশীলন দ্রবণ প্রস্তুত করিয়াছিলেন তাহাদিগের বিবরণ তালিকাকারে পর পৃষ্ঠায় প্রদত্ত হইল। ইহাদের মধ্যে Knop's solution বা নপের দ্রবণই সাধারণভাবে ব্যবহৃত হয়।

খনিজ লবণের নাম	*Sach's Soln* বা স্যাকের দ্রবণ গ্রামের ওজন	*Knop's Soln* বা নপের দ্রবণ গ্রামে ওজন	*Pfeffer's Soln* বা ফেফারের দ্রবণ গ্রামে ওজন	*Crone's Soln* বা ক্রোনের দ্রবণ গ্রামে ওজন	*Hoagland's Soln* বা হোগল্যাণ্ডের দ্রবণ গ্রামে ওজন
পটাসিয়ম নাইট্রেট	1·00	1·00	0·80	1·00	0·61
ক্যালসিয়ম নাইট্রেট	—	1·00	1·00	—	0·95
ক্যালসিয়ম ফস্ফেট	0·50	—	—	0·25	—
ম্যাগনেসিয়ম সালফেট	0·50	1·00	1·00	0·25	0·49
ক্যালসিয়ম সালফেট	0·50	—	—	0·25	—
সোডিয়ম ক্লোরাইড	0·25	—	—	—	—
ফেরাস সালফেট	অতি অল্প	—	—	—	—
পটাসিয়ম ডাই হাইড্রোজেন ফসফেট	—	1·00	1·00	—	—
আয়রন ফসফেট	—	—	—	0·25	—
ফেরিক ক্লোরাইড	—	অতি স্বল্প	অতি স্বল্প	—	—
পটাসিয়ম ক্লোরাইড	—	—	·20	—	—
অ্যামোনিয়ম ডাই হাইড্রোজেন ফসফেট	—	—	—	—	0·12
ফেরিক টারটারেট	—	—	—	—	0·005
পাতিত জল	1 লিটার পর্যন্ত	1 লিটার পর্যন্ত	1 লিটার পর্যন্ত	1 লিটার পর্যন্ত	1 লিটার পর্যন্ত

এখন সুস্থ ও সবল ভুট্টার অথবা অনুরূপ উদ্ভিদের আটটি এইরূপ চারাগাছ নির্বাচন কর যাহাদের বৃদ্ধি, উচ্চতা প্রভৃতি সমান ও যাহাদের সমান সংখ্যক পাতা আছে। উহাদের মূলগুলিকে উত্তমরূপে পরিষ্কার করিয়া ছিপির মধ্যস্থলের ছিদ্র দিয়া এইরূপে প্রবেশ করাও যাহাতে উহারা জারে অবস্থিত দ্রবণে সম্পূর্ণরূপে নিমজ্জিত থাকে এবং বীজাণুমুক্ত তুলার সাহায্যে চারাগাছগুলিকে খাড়াভাবে দণ্ডায়মান রাখ। লক্ষ্য রাখিতে হইবে যে, ছিপি ও তুলা যেন সম্পূর্ণ শুষ্ক থাকে। এইবার জারগুলিকে কালো কাগজ অথবা কাপড় দ্বারা এইরূপে ঢাকিয়া দাও যাহাতে মূলগুলিতে আলোক না পৌঁছায়। জারগুলিকে এখন আলোকিত কিন্তু আচ্ছাদিত স্থানে রাখিতে হইবে।

প্রতিদিনে প্রায় পনর মিনিট ধরিয়া পাম্পের সাহায্যে দ্রবণে বায়ু চালনা কর এবং চারাগাছগুলির বৃদ্ধি লক্ষ্য কর। প্রতি সপ্তাহে একবার করিয়া জারগুলির পারম্পরিক দ্রবণগুলিকে পরিবর্তন কর। লক্ষ্য রাখিতে হইবে যে, দ্রবণগুলি যেন সর্বদাই আম্লিক থাকে এবং প্রয়োজনবোধে শতকরা পাঁচ ভাগ ফসফরিক অ্যাসিড মিশ্রিত করিতে হইবে। ক্রমান্বয় ছয় সপ্তাহ ধরিয়া এই প্রকার পরিবর্তন সাধন করিয়া যাইতে হইবে।

Observation (নিরীক্ষা)—লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে প্রথম জারে অবস্থিত চারাগাছটির বৃদ্ধি সম্পূর্ণ স্বাভাবিক কিন্তু পরবর্তী দুইটি জারের অর্থাৎ দ্বিতীয় এবং তৃতীয় জারের চারাগুলির বৃদ্ধি ব্যাহত হইয়াছে; চতুর্থ ও পঞ্চম জারের চারাগুলির পাতার বর্ণ chlorotic বা পাণ্ডুর ভাব ধারণ করিয়াছে এবং শেষোক্ত তিনটি জারে অবস্থিত চারাগুলি বিনষ্ট হইয়াছে।

Inference (সিদ্ধান্ত)—উপরি-উক্ত পরীক্ষা নিরীক্ষণে এই সিদ্ধান্তে উপনীত হওয়া যায় যে, দ্রবণে সকল পুষ্টিকর উপাদানগুলি বর্তমান থাকিলে উদ্ভিদের বৃদ্ধি স্বাভাবিক হয়। পটাসিয়ম ও ক্যালসিয়ম কিয়ৎ পরিমাণে স্বাভাবিক বৃদ্ধিতে প্রয়োজন লাগে। ক্লোরোফিল উৎপাদনের জন্য লৌহ ও ম্যাগনেসিয়ম আবশ্যক হয়। উদ্ভিদের স্বাভাবিক বৃদ্ধির জন্য নাইট্রোজেন, গন্ধক ও ফসফরাসের বিশেষ প্রয়োজন, কারণ ইহাদের কোনো একটির অভাব ঘটিলে উদ্ভিদের বৃদ্ধি সম্পূর্ণরূপে ব্যাহত হয়।

———

ষষ্ঠ অধ্যায়

এনজাইম ও ভাইটামিন

(Enzymes and Vitamins)

উদ্ভিদদেহে এইরূপ কতকগুলি পদার্থ আছে যাহারা দ্রুত বিপাকে সহায়তা করে কিন্তু বিপাকের পর ইহাদের গঠন অপরিবর্তিত থাকে। 1867 খ্রীষ্টাব্দে Kuhn (কুন্) নামক বিজ্ঞানী এই সকল পদার্থকে enzymes (এনজাইম) নামে আখ্যায়িত করেন। এনজাইমকে plant catalysts বা উদ্ভিদ অনুঘটক অথবা organic catalysts বা জৈব অনুঘটক নামেও অভিহিত করা হয়। Haldane (হলডেন) নামক বিজ্ঞানী এনজাইমকে জীবদেহ-গঠিত এক প্রকার কোলয়ডীয়, দ্রবণীয় জৈব অনুঘটক রূপে বর্ণনা করেন।

যে পদার্থের উপর এনজাইম ক্রিয়া করে তাহাদের নামের শেষে *-ase* (-এজ) যোগ করিয়া এনজাইমের নামকরণ করা হয়। উদাহরণস্বরূপ Protease (প্রোটিয়েজ), Sucrase (সুক্রেজ), lipase (লাইপেজ) প্রভৃতি হইল বিভিন্ন প্রকার এনজাইম।

Properties of enzymes (এনজাইমের ধর্ম)

Sunner (সানার) নামক বিজ্ঞানী সর্বপ্রথম কতকগুলি এনজাইমের প্রোটিন ধর্ম আলোচনা করেন। কয়েক বৎসর পরে আরও কয়েক প্রকার এনজাইম দেখা যায় যাহাদের প্রোটিন ধর্ম নাই। যে সকল এনজাইমের সম্পূর্ণ প্রাকৃতিক গঠনই হইল প্রোটিন উহাদের সম্পূর্ণ প্রোটিন অংশই অনুঘটকরূপ ক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে। অপরাপর এনজাইমের দুইটি অংশ আছে, যাহার একটি অংশ হইল প্রোটিন এবং অপরটি প্রোটিনবিহীন খণ্ড। এই সকল প্রোটিনবিহীন খণ্ডকে co-enzymes বা সহ-এনজাইম অথবা prosthetic groups (প্রসথেটিক গ্রুপ) বলে। ইহারা এনজাইমের ক্রিয়ার রাসায়নিক প্রকৃতি নিয়ন্ত্রণে অংশ গ্রহণ করে। এনজাইমের প্রোটিন অংশকে apoenzyme (অ্যাপো এনজাইম) বলে এবং ইহারা যে পদার্থের উপর কোন্ নির্দিষ্ট এনজাইম ক্রিয়া করিবে তাহা নির্বাচনে অংশ গ্রহণ করে। উদাহরণস্বরূপ বলা যায় যে,

lipase (লাইপেজ) নামক এনজাইম সর্বদাই স্নেহজাত পদার্থের উপর ক্রিয়া করে কিন্তু কখনই কার্বোহাইড্রেটের উপর ক্রিয়া করে না।

সহ-এনজাইমগুলিকে সক্রিয় করিতে তাম্র, লৌহ, দস্তা প্রভৃতি ধাতুর ions বা আয়নের প্রয়োজন হয়। ইহাদের cofactors (কোফ্যাক্টর) বলে। মনে রাখিতে হইবে যে, সহ-এনজাইম অথবা অ্যাপো এনজাইম কেহই এককরূপে ক্রিয়া করিতে পারে না।

জীবদেহে এনজাইম 50° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা পর্যন্ত biological oxidation process বা জৈব জারণ ক্রিয়া সম্পন্ন করিতে সক্ষম, তবে 30°—40° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রার মধ্যে এই প্রক্রিয়া সুষ্ঠুভাবে সম্পন্ন হয়।

এনজাইম জল, glycerol (গ্লিসারল) এবং লঘু লবণ দ্রবণে দ্রবণীয় কিন্তু জলীয় কোহলের দ্রবণে ইহা অদ্রবণীয়। ইহারা picric acid (পিকরিক অ্যাসিড) ও phosphotungstic acid (ফসফো টাংগষ্টিক অ্যাসিড) কর্তৃক অধঃক্ষিপ্ত হয়। এনজাইমের নির্বাচনী ধর্ম আছে এবং ইহারা বিশেষ পদার্থের উপর ক্রিয়া করে ; কিন্তু এমন কতকগুলি এনজাইম আছে যাহারা বহুবিধ পদার্থের সহিত ক্রিয়া করিতে পারে। সম্পূর্ণ এনজাইমটি প্রোটিনজাত হইলে ইহার সুস্পষ্ট কোলয়ডীয় ধর্ম দেখা যায় কিন্তু ইহা দুইটি অংশে বিভেদিত হইলে প্রোটিন অংশটিতে কোলয়ডীয় ধর্ম এবং প্রোটিনবিহীন অংশটিতে crystalloid বা কেলাসিত ধর্ম দেখা যায়। এনজাইমের ক্রিয়া আলোক, তাপমাত্রা, মাধ্যমের pH ঘনত্ব প্রভৃতির উপর নির্ভর করে।

এনজাইমের পূর্বগামী পদার্থগুলিকে সাধারণত proenzymes (প্রোএনজাইম) বলা হয়। ইহারা যদিও নিষ্ক্রিয় তথাপি kinases (কাইনেজেস) নামক কয়েক প্রকার রাসায়নিক পদার্থের সহযোগে ইহারা সক্রিয় এনজাইমে পরিণত হয়।

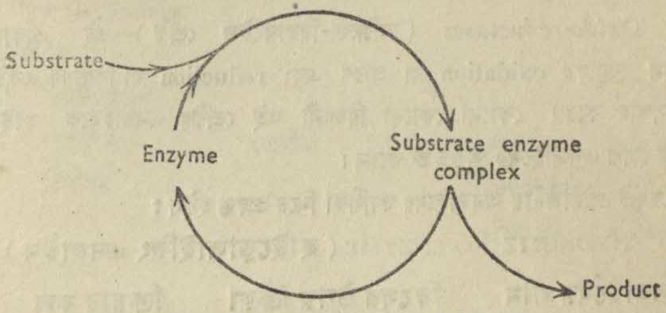
কখনও কখনও কতকগুলি নির্দিষ্ট পদার্থের সহযোগে এনজাইম-ক্রিয়ার হার বৃদ্ধি পায়। এই সকল পদার্থকে accelerator বা ত্বরক পদার্থ বলে। পরন্তু যে সকল পদার্থ এনজাইম ক্রিয়ার হার রোধ করে তাহাদিগকে inhibitor বা রোধক অথবা poisonous বা বিষাক্ত পদার্থ বলে।

Mode of enzyme action (এনজাইম ক্রিয়ার প্রকৃতি)

জল, গ্লিসেরল প্রভৃতির মাধ্যমে এনজাইম বিক্ষিপ্ত থাকিলে ইহার একটি বিস্তৃত অংশ বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে এবং ইহা কয়েকটি রাসায়নিক শক্তির

দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়। সমগ্র এনজাইম অণু অথবা উহার কয়েকটি নির্দিষ্ট অঞ্চল বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে।

রাসায়নিক পদার্থের সকল অণুগুলিই সমভাবে বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে না। রাসায়নিক বিক্রিয়ায় স্বাভাবিক অপেক্ষা অতিরিক্ত ন্যূনতম শক্তির প্রয়োজন হয়। এই শক্তিকে অণুর activation energy বা কার্যকর শক্তি



৬১নং চিত্র—এনজাইম ক্রিয়ার প্রকৃতি

বলে। বিভিন্ন প্রকার এনজাইম পদার্থের এই প্রকার আপাত কার্যকর শক্তি হ্রাস করিয়া রাসায়নিক ক্রিয়া সম্পাদন করে।

Kinetics of energy (শক্তির গতিবিদ্যা)

Thermodynamics বা তাপগতিবিদ্যার দৃষ্টিকোণ হইতে বিচার করিলে বুঝা যায় যে, এনজাইমের অনুঘটন ক্রিয়া অতি মন্থর গতিতে অবিরত চলিতে থাকে। কিন্তু এইরূপ ধারণা করা হয় যে, যখন কোনো এনজাইম কোনো পদার্থের উপর ক্রিয়া করে তখন উহা এক প্রকার enzyme-subtrate complex বা জটিল এনজাইম ঘটিত পদার্থ গঠন করে যাহার ফলে পদার্থের activation energy বা কার্যকর শক্তি হ্রাসপ্রাপ্ত হয়। এই জটিল পদার্থের উপাদানগুলি পৃথক হইয়া যায়, এবং পদার্থের রাসায়নিক পরিবর্তনের ফলে এনজাইম পুনর্গঠিত হয়।

Classification of plant enzymes (উদ্ভিজ্জ এনজাইমের শ্রেণীবিভাগ)

প্রধানত তিন প্রকার এনজাইম দেখিতে পাওয়া যায় ; যথা—

1. *Hydrolases* (হাইড্রোলেজ শ্রেণী)—এই প্রকার এনজাইম কোনো

পদার্থ হইতে দুই পরমাণু হাইড্রোজেন মুক্ত করিয়া উহার hydrolysis বা আর্দ্র-বিশ্লেষণ সম্পাদন করে এবং নিজেরাই reduced বা বিজারিত হয়।

2. *Desmolases* (ডেসমোলেজ শ্রেণী)—ইহারা পদার্থের (C—C linkage) বা কার্বন বন্ধন বিচ্ছিন্ন করে অথবা অণু হইতে পরমাণু অথবা পরমাণুসমষ্টি মুক্ত করে বা যুক্ত করে অথবা উহাদের সমষ্টি একটি অণু হইতে বিভিন্ন অণুতে সঞ্চারিত হয় না।

3. *Oxido-reductases* (অক্সিডো-রিডাকটেজ শ্রেণী)—এই প্রকার এনজাইম উদ্ভিদের oxidation বা জারণ এবং reduction বা বিজারণ একই সাথে সম্পন্ন করে। কোনো কোনো বিজ্ঞানী এই শ্রেণীর এনজাইমকে হাই-ড্রোলেজ শ্রেণী এনজাইমের অন্তর্ভুক্ত করেন।

কয়েকটি প্রয়োজনীয় এনজাইমের তালিকা নিম্নে প্রদত্ত হইল :

A. HYDROLIZING ENZYME (**হাইড্রোলাইজিং এনজাইম**)

এনজাইমের নাম	**কিসের উপর ক্রিয়া আছে**	**ক্রিয়ার ফল**
(*a*) কার্বোহাইড্রোলেজেজ		
(*i*) সুক্রোজ	সুক্রোজ	গ্লুকোজ + ফ্রুক্টোজ
(*ii*) মলটেজ	মলটোজ	গ্লুকোজ
(*iii*) ইমালসিন	গ্লাইকোসাইড	গ্লুকোজ + শর্করা নহে এইরূপ পদার্থ
(*iv*) ল্যাকটেজ	ল্যাকটোজ	গ্লুকোজ গ্যালাকটোজ
(*v*) অ্যামাইলেজেস	স্টার্চ	ডেক্সট্রিন
(*vi*) সেলুলোজ	সেলুলোজ	সেলোবিওজ
(*vii*) ইনুলেজ	ইনুলিন	ফ্রুকটোজ
(*b*) এসটেরেজস		
(*i*) লাইপেজ	ফ্যাট	গ্লিসারল + ফ্যাটি অ্যাসিড
(*ii*) ফসফোটেজেস	ফসফেট অথবা ফসফেট দলভুক্ত যৌগ নহে এইরূপ পদার্থ	ফসফেট + ফসফেট
(*iii*) ফসফোরাইলেজেস		
1. α-গ্লুকোস্তান ফসফোরাইলেজ	গ্লাইকোজেন অথবা স্টার্চ + H_3PO_4	গ্লুকোজ 1-ফসফেট

এনজাইমের নাম	কিসের উপর ক্রিয়া আছে	ক্রিয়ার ফল
2. সুক্রোজ ফসফো-রাইলেজ	সুক্রোজ + H_3PO_4	সুক্রোজ + গ্লুকোজ 1-ফসফেট
(c) নাইট্রোজেন-ঘটিত যৌগ—হাইড্রোলাইজিং এনজাইম		
(i) প্রোটিয়েজেস		
1. পেপসিন	প্রোটিন	পেপটোন
2. ট্রিপসিন	”	পলিপেপটাইড + অ্যামাইনো অ্যাসিড
3. প্যাপেন	”	”
(ii) পেপটাইডেজেস	পলিপেপটাইড	অ্যামাইনো অ্যাসিড
(iii) অ্যামাইডেজেস		
1. ইউরিএজ	ইউরিয়া	$NH_3 + CO_2$
2. অ্যাসপ্যারাজিনেজ	অ্যাসপ্যারাজিন	অ্যাসপারটিক অ্যাসিড + NH_3

B. DESMOLISING ENZYME (ডেসমোলাইজিং এনজাইম)

এনজাইমের নাম	কিসের উপর ক্রিয়া আছে	ক্রিয়ার ফল
(a) ক্যাটালেজ	$2H_2O_2$	$2H_2O + O_2$
(b) পেরক্সিডেস	H_2O_2 + বিজারিত যৌগ	জারিত যৌগ + H_2O_2
(c) কার্বনিক অ্যানহাই-ড্রেজ	H_2CO_3	$CO_2 + H_2O$
(d) অক্সিডেজেস		
(i) সাইটোক্রোম-অক্সিডেজ	বিজারিত সাইটোক্রোম c	জারিত সাইটোক্রোম c
(ii) অ্যাসকরবিক অ্যাসিড অক্সিডেজ	অ্যাসকরবিক অ্যাসিড	ডিহাইড্রো অ্যাসকরবিক অ্যাসিড

এনজাইমের নাম	কিসের উপর ক্রিয়া আছে	ক্রিয়ার ফল
(*e*) ডিহাইড্রোজেনেজ		
(*i*) ∝-গ্লিসারোফসফেট ডিহাইড্রোজেনেজ	ডিহাইড্রক্সি অ্যাসিটোন ফসফেট	∝-গ্লিসারো ফসফেট
(*ii*) ডাইফস্‌ফো গ্লিসির‍্যাল-ডিহাইড্রোজেনেজ	1, 3-ডাইফসফো-গ্লিসির‍্যালডিহাইড	1, 3 ডাইফসফো গ্লিসারিক অ্যাসিড
(*iii*) গ্লুটামিক ডিহাইড্রো-জেনেজ	গ্লুটামিক অ্যাসিড	∝-কিটোগ্লুটারিক অ্যাসিড + NH_3
(*f*) ট্রান্স ফসফোরাই-লেজেস		
(*i*) হেক্সোকাইনেজ	গ্লুকোজ অথবা ফ্রুকটোজ + অ্যাডোনোসিন ট্রাই-ফসফেট	অ্যাডেনোসিন ডাই-ফসফেট + গ্লূকোজ অথবা ফ্রুকটোজ-6-ফসফেট
(*ii*) ফসফোহেক্সো-কাইনেজ	ফ্রুকটোজ-6-ফসফেট + অ্যাডেনোসিন ট্রাই-ফসফেট	ফ্রুকটোজ 1, 6 ডাইফস-ফেট + অ্যাডেনোসিন ডাই-ফসফেট
(*iii*) পাইরুভিক কাইনেজ	2-ফসফোএনোলপাই-রুভিক অ্যাসিড + অ্যাডে-নোসিন ট্রাইফসফেট	পাইরুভিক অ্যাসিড + অ্যাডেনোসিন ট্রাই-ফস-ফেট
(*g*) ডেসমোলোজস অ্যাল্ডোলেজ	ফ্রুকটোজ 1, 6 ডাই-ফসফেট	ডাইহাইড্রোক্সি অ্যাসিটোন ফসফেট + 3 ফসফো-গ্লিসির‍্যালডিহাইড
(*h*) হাইড্রোজেন এনোলেজ	2-ফসফোগ্লিসারিক অ্যাসিড	2-ফসফোএনোল পাইরুভিক অ্যাসিড + H_2O
(*i*) পাইরুভিক অ্যাসিড কার্বক্সাইলেজ	পাইরুভিক অ্যাসিড	অ্যাসিট্যালডিহাইড + CO_2
(*ii*) অক্সাল অ্যাসিটিক কার্বক্সাইলেজ	অক্সাল অ্যাসিটিক অ্যাসিড	পাইরুভিক অ্যাসিড $C + O_2$

এনজাইমের নাম	কিসের উপর ক্রিয়া আছে	ক্রিয়ার ফল
(*iii*) অ্যামাইনো অ্যাসিড কার্বক্সাইলেজ	অ্যামাইনো অ্যাসিড	অ্যামাইন + CO_2
(*j*) ট্রান্সামাইনেজেস	অ্যামাইনো অ্যাসিড + জৈব অ্যাসিড	ডি-অ্যামাইনেটেড অ্যামাইনো অ্যাসিড + অ্যামাইনেড জৈব অ্যাসিড

অধুনা কতকগুলি প্রয়োজনীয় এনজাইমের যে সকল co-enzymes (কো-এনজাইম) আছে তাহাদের প্রকৃত রাসায়নিক প্রকৃতি নির্ণয় করা সম্ভবপর হইয়াছে। ইহাদের বিবরণ নিম্নে প্রদত্ত হইল। যথা :

এনজাইমের সহিত ক্রিয়াজনিত নাম	এনজাইমগুলির সংক্ষিপ্ত সংকেত	ব্যবহৃত সংকেতের বিবরণ
কো-এনজাইম I (কো-ডিহাইড্রোজেনেজ I)	NAD $NADH_2$ (বিজারক অবস্থায়)	নিকোটিন্যামাইড-অ্যাডেনিন ডাই-নিউক্লিও-টাইড
কো-এনজাইম II (কো ডিহাইড্রোজেনেজ II)	NADP $NADPH_2$ (বিজারিত অবস্থায়)	নিকোটিন্যামাইড-অ্যাডেনিন-ডাই নিউক্লিও-টাইড ফসফেট
কো-ফসফোরাইলেজেস	ATP	অ্যাডেনোসিন ট্রাই-ফসফেট
	ADP (ডিফসফোরিলেটেড অবস্থায়)	অ্যাডেনোসিন ডাই-ফসফেট
কো-কার্বক্সাইলেজ	DPT	ডাই-ফসফোথিয়ামিন
কো-এনজাইম A	CoA	প্যান্টোথেনিক অ্যাসিড-জাত + ATP

— ——

সপ্তম অধ্যায়

শ্বাসকার্য

(Respiration)

সকল জীবই শ্বাসকার্য করে। শ্বাসকার্য বলিতে আমরা সাধারণত অক্সিজেন গ্রহণ ও কার্বন ডাই-অক্সাইড পরিত্যক্ত হওয়া বুঝি। কিন্তু এই প্রক্রিয়া প্রকৃতপক্ষে এইরূপ সরল নহে, কারণ এই প্রক্রিয়ার দ্বারা শক্তি সঞ্চারিত হয়। শ্বাসকার্যের সময় বায়ুস্থ অক্সিজেন দেহের মধ্যে প্রবেশ করিয়া খাদ্যকে জারিত করে যাহার ফলে শক্তি সঞ্চারিত হয়। এই শক্তির সাহায্যে সকল প্রকার জৈবিক কার্য সম্পন্ন হয়।

Organs of respiration (শ্বাসকার্যের অঙ্গ)

প্রাণীর যেরূপ শ্বাসযন্ত্র আছে উদ্ভিদের সেইরূপ কোনো যন্ত্র নাই। পত্ররন্ধ্র, লেন্টিসেল ও কোষমধ্যবর্তী স্থান গ্যাসীয় ব্যাপনে সাহায্য করে। সকল অঙ্গের জীবিত কোষগুলির দ্বারা শ্বাসকার্য সম্পন্ন হয়। যে কোষে শ্বাসকার্য সম্পন্ন হয় না তাহা মৃত বলিয়া গণ্য হয়।

Process of respiration (শ্বাসকার্যের প্রণালী)

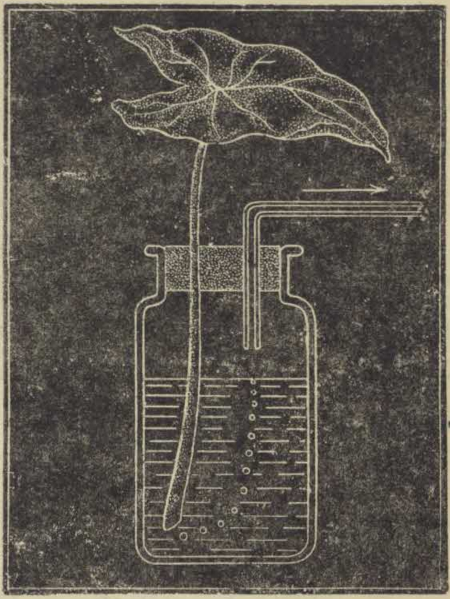
অক্সিজেনযুক্ত বায়ু পত্ররন্ধ্র ও লেন্টিসেলের ভিতর দিয়া কোষমধ্যবর্তী স্থানে প্রবেশ করে। উদ্ভিদদেহে কোষমধ্যবর্তী স্থান অবিচ্ছিন্ন থাকে বলিয়া এই বায়ু সকল কোষেই পৌঁছায় এবং জীবিত কোষগুলির মধ্যে যে জৈব খাদ্যদ্রব্য থাকে তাহাকে জারিত করে; ইহার ফলে কার্বন ডাই-অক্সাইড পত্ররন্ধ্র ও লেন্টিসেলের মধ্য দিয়া দেহ হইতে বাহির হইয়া বায়ুমণ্ডলে মিশিয়া যায়।

নিমজ্জিত জলজ উদ্ভিদের ক্ষেত্রে কোষমধ্যবর্তী স্থানের মধ্য দিয়া জলে দ্রবীভূত অক্সিজেন গ্রহণ করে।

উদ্ভিদের কোষমধ্যবর্তী স্থান অবিচ্ছিন্ন থাকে; ইহা নিম্নলিখিত পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণ করা যায়:

২৭নং পরীক্ষা : *Continuity of intercellular spaces* (কোষমধ্যবর্তী রন্ধ্রের অবিচ্ছিন্নতা : ৬১নং চিত্র)—একটি চওড়া মুখযুক্ত বোতল লও এবং ইহার তিন-চতুর্থাংশ জলে পূর্ণ করিতে হইবে। একটি দুই ছিদ্রযুক্ত রবারের

ছিপি দিয়া বোতলের মুখ বন্ধ করা হইল। একটি ছিদ্রের ভিতরে কোনো গাছের পত্রবৃন্ত এরূপভাবে প্রবেশ করাইতে হইবে যাহাতে ইহা বোতলের মধ্যে ডুবিয়া থাকে এবং অপর ছিদ্রের মধ্য দিয়া বাঁকা কাচনলকে ও এরূপভাবে প্রবেশ করাইতে হইবে যাহাতে ইহা ঠিক জলতলের উপরে থাকে। সংযোগ-স্থানগুলি প্যারাফিনের দ্বারা বায়ুরোধক করা হইল। এখন বোতলের বায়ু টানিয়া অথবা exhaust pump (বায়ু নিষ্কাশন পাম্প)-এর সাহায্যে বায়ু নিষ্কাশন করিতে হইবে। দেখা যাইবে যে, জল বুদ্‌বুদ্‌ সৃষ্ট হইয়া পত্রবৃন্তের অগ্রভাগ হইতে নির্গত হইতেছে।



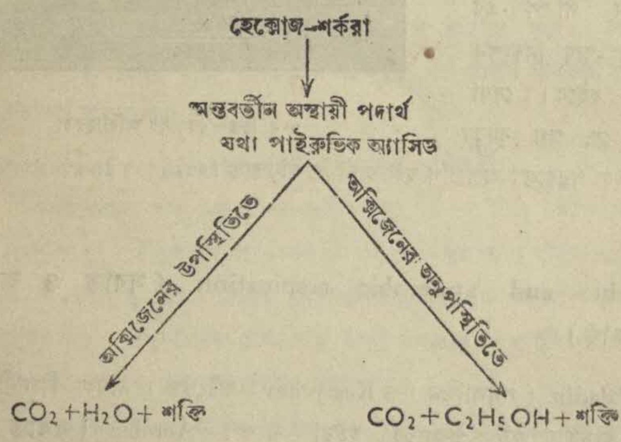
৬১নং চিত্র—কোষের অবিচ্ছিন্নতা

Aerobic and anaerobic respiration (সবাত ও অবাত শ্বাসকার্য)

Paladin (প্যালাডিন) ও Kostychev (কষ্টচেভ) নামক বিজ্ঞানীদ্বয়ের মতে শ্বাসকার্য দুই প্রকারের হইয়া থাকে: Aerobic (**সবাত**) ও Anaerobic (**অবাত**)। সবাত শ্বাসকার্যের সময় বায়ু হইতে অক্সিজেন গৃহীত হয়। কিন্তু অক্সিজেনবিহীন শ্বাসকার্যও হইয়া থাকে। এইরূপ প্রক্রিয়াকে anaerobic respiration (অবাত শ্বাসকার্য) বলে। প্রথমোক্ত প্রক্রিয়ায় অক্সিজেন খাদ্যকে সম্পূর্ণরূপে জারিত করে এবং অধিক পরিমাণ শক্তি সঞ্চারিত হয়। কিন্তু শেষোক্ত প্রক্রিয়ায় অক্সিজেন বায়ু হইতে গৃহীত হয় না। কোষমধ্যস্থিত খাদ্য এক প্রকার এনজাইমের দ্বারা আংশিক ধ্বংসপ্রাপ্ত হয়। ইহার ফলে

কার্বন ডাই-অক্সাইড, জল, কিছু পরিমাণ কোহল উৎপন্ন হয় এবং অল্পপরিমাণ শক্তি সঞ্চারিত হয়।

Pfeffer (পেফার) এবং Pflugar (ফ্লুজার) নামক বিজ্ঞানীদ্বয়ের মতে অবাত শ্বাসকার্যের ফলে যে ইথাইল কোহল উৎপন্ন হয় তাহা বায়ুর অক্সিজেনের সংস্পর্শে জারিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলের সৃষ্টি করে। বর্তমানে বিজ্ঞানীগণ এইরূপ ধারণা পোষণ করেন যে, সমগ্র শ্বাসকার্য প্রক্রিয়াটি দুইটি ক্রম-পর্যায়ে সম্পন্ন হয়। প্রথম পর্যায়ে হেক্সোজ শর্করা glycolysis (গ্লাইকোলিসিস) নামক প্রক্রিয়ার দ্বারা) এক প্রকার labile intermediate products (অন্তবর্তী অস্থায়ী পদার্থ) উৎপন্ন করে যাহা দ্বিতীয় পর্যায়ে অক্সিজেনের সংস্পর্শে oxidation process (জারণপ্রক্রিয়ার দ্বারা) জারিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জল গঠন করে। কিন্তু অক্সিজেনের সরবরাহ্ না থাকিলে ইহা ইথাইল কোহল এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড সৃষ্টি করে। নিম্নের চিত্র হইতে ইহা সহজেই বুঝিতে পারা যাইবে ঃ



উদ্ভিদের ক্ষেত্রে hexose sugar (হেক্সোজ শর্করা) অর্থাৎ গ্লুকোজই হইল প্রধান শ্বাসকার্যজনিত পদার্থ। অতএব অবাত শ্বাসকার্য মোটামুটি সংকেত দ্বারা নির্দেশ করিলে এইরূপ হইবে ; যথা—

$C_6H_{12}O_6+6O_2=6CO_2+6H_2O+674$ কিলো ক্যালরি তাপশক্তি।

উল্লিখিত সংকেত হইতে বুঝা যায় যে, জীব শ্বাসকার্যের সময় 6 অণু

অক্সিজেন গ্রহণ করিয়া 6 অণু কার্বন ডাই-অক্সাইড পরিত্যাগ করে। পরিত্যক্ত কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ এবং গৃহীত অক্সিজেনের পরিমাণের অনুপাতকে অর্থাৎ $\frac{CO_2}{O_2}$কে, Respiratory quotient or, R. Q. (**শ্বাসহার**) বলে।

হেক্সোজ শর্করার ক্ষেত্রে ইহাকে সম্পূর্ণ জারিত করিতে যে পরিমাণ অক্সিজেনের প্রয়োজন হয় তাহা নির্গত কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণের সমান অর্থাৎ এই ক্ষেত্রে R. Q. = 1.

শ্বাসক্রিয়াজনিত পদার্থ প্রোটিনজাতীয় অথবা চর্বিজাতীয় হইলে ইহার জারণের জন্য নির্গত কার্বন ডাই-অক্সাইডের তুলনায় অধিক পরিমাণ অক্সিজেনের প্রয়োজন হয় ; অর্থাৎ এই ক্ষেত্রে R. Q. < 1.

ইহা নিম্নলিখিত সংকেত দ্বারা সূচিত করা যায় :

$$C_{51}H_{98}O_6 + 72{\cdot}5O_2 \longrightarrow 51CO_2 + 49H_2O + 7590{,}000 \text{ ক্যালরি}$$

এই ক্ষেত্রে $\frac{CO_2}{O_2} = 0{\cdot}7.$

শ্বাসক্রিয়াজনিত পদার্থে সাধারণ হেক্সোজ শর্করা অপেক্ষা অধিক পরিমাণ অক্সিজেন থাকিলে অর্থাৎ জৈব অ্যাসিডের ক্ষেত্রে ইহার সম্পূর্ণ জারণের জন্য অপেক্ষাকৃত কম পরিমাণ অক্সিজেনের প্রয়োজন হয়। অতএব এই ক্ষেত্রে R Q > 1. সংকেত সূচিত করিলে ইহা এইরূপ দাঁড়ায় ; যথা :

$$C_4H_6O_5 + 3O_2 \quad 4CO_2 + 3H_2O + 320{,}000 \text{ ক্যালরি}$$

এই ক্ষেত্রে $\frac{CO_2}{O_2} = 1{\cdot}33$

কখনও কখনও দেখা যায় যে, হেক্সোজ শর্করার জারণক্রিয়া অসম্পূর্ণ থাকিয়া যায়। এইরূপ ক্ষেত্রে আংশিক জারিত বিভিন্ন জৈব অ্যাসিড গঠিত হয় যাহার ফলে R. Q -এর মান একক অপেক্ষা কম হইয়া থাকে। উদাহরণস্বরূপ বলা যায় যে, স্ফীত অঙ্গবিশিষ্ট কয়েকটি উদ্ভিদের ক্ষেত্রে হেক্সোজ শর্করা আংশিক জারিত হইয়া ম্যালিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। এইরূপ ক্ষেত্রে কার্বন ডাই-অক্সাইড বলিতে গেলে একেবারেই উৎপন্ন হয় না। ইহা নিম্নলিখিত সংকেতের সাহায্যে বুঝান হইয়াছে। যথা :

$$2C_6H_{12}O_6 + 3O_2 \longrightarrow 3C_4H_6O_5 + 3H_2O + 386{,}000 \text{ ক্যালরি}$$

So rce of energy (শক্তির উৎস)

Photosynthesis (সালোকসংশ্লেষ) প্রক্রিয়ায় উদ্ভিদ শর্করাজনিত জৈব খাদ্য প্রস্তুত করে। এই সময় সূর্যালোক হইতে প্রাপ্ত শক্তি জৈব খাদ্যের মধ্যে potential energy (স্থিতিশক্তি)-রূপে অবস্থান করে। জীবের শ্বাসক্রিয়া চলাকালে জৈব খাদ্য বিশ্লেষিত হয় এবং ইহার ফলে সঞ্চিত স্থিতিশক্তি kinetic energy (গতিশক্তি)-রূপে আত্মপ্রকাশ করে। অতএব দেখা যাইতেছে যে, শ্বাসকার্যজনিত শক্তির উৎস হইল প্রকৃতপক্ষে সৌরশক্তি যাহা জৈব খাদ্যের মধ্যে সংরক্ষিত থাকে। জৈব পদার্থের উপাদানসমূহ অর্থাৎ কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের পরমাণুগুলি এক প্রকার বন্ধন শক্তির দ্বারা আবদ্ধ থাকে। জৈব পদার্থের দ্রুত দহন ঘটাইলে পরমাণুগুলির বন্ধনশক্তি আলোক ও তাপ শক্তিতে পরিণত হয় ; কিন্তু শ্বাসকার্যের সময় দহন অতি ধীরে ধীরে সংঘঠিত হইতে থাকে যাহার ফলে পরমাণুগুলির বন্ধনশক্তি শিথিল হইয়া উহা মুক্ত হয় এবং জীবের প্রয়োজনীয় জৈবনিক কার্য সম্পাদনে ইহা ব্যয়িত হয়।

উদ্ভিদকোষের সাইটোপ্লাজমে এক প্রকার দণ্ডাকার অথবা সূত্রাকার জীবিত পদার্থ থাকে যাহাকে mitocondria (মাইটোকণ্ড্রিয়া) বলে। মাইটোকণ্ড্রিয়া দুইটি প্রাচীর দ্বারা বেষ্টিত এবং ইহার আভ্যন্তরিন প্রাচীরটি উদ্গত যাহাকে cristae (ক্রাইষ্টি) বলে। শ্বাসকার্যের সময় মাইটোকণ্ড্রিয়া একটি রিশিষ্ট অংশ গ্রহণ করে। ইহাতে ADP অর্থাৎ *Adenosine diphosphate* (অ্যাডেনেসিন ডাই-ফসফেট) নামক এক প্রকার এনজাইম থাকে। জৈব খাদ্য দহনকালে ইহা মুক্ত শক্তি সংগ্রহ করে ও ফসফেটের সহিত রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় যুক্ত হইয়া ATP অর্থাৎ *Adenosine triphosphate* (অ্যাডেনসিন ট্রাই-ফসফেট)-এ পরিণত হয়। এই ATP-কে শক্তির বাহকরূপে গণ্য করা হয় কারণ ইহা মাইটোকণ্ড্রিয়া হইতে বাহির হইয়া সাইটোপ্লাজমে প্রবেশ করে ও জীবের বিভিন্ন জৈবিক কার্য সম্পাদনে শক্তি সরবরাহ করে। এই সময় ATP বিশ্লেষিত হইয়া পুনরায় ADP-তে পরিণত হয়।

Mechanism of enzyme reaction during respiration with the formation of water (শ্বাসকার্যের সময় জল উৎপাদনে বিভিন্ন এনজাইমের ক্রিয়াপদ্ধতি)

সবাত শ্বাসকার্যে glucose (গ্লুকোজ) প্রভৃতি হেক্সোজ শর্করার সম্পূর্ণ

বিশ্লেষণের দ্বারা যে জল উৎপন্ন হয় তাহাতে বিভিন্ন প্রকার এনজাইম একটির পর একটি ক্রিয়া করিতে থাকে। ইহা নিম্নে বুঝান হইয়াছে ; যথা ঃ

শ্বাসকার্যজনিত পদার্থ

↓ *Dehydrogenase* (ডিহাইড্রোজেনেজ) এবং ইহার সহ-এনজাইম (DPN) পদার্থ হইতে দুই পরমাণু হাইড্রোজেন অপসারণ করিয়া স্বয়ং বিজারিত হয়।

বিজারিত ডিহাইড্রোজেনেজ (2H)

↓ বিজারিত ডিহাইড্রোজেনেজ *Flavoprotein* (ফ্ল্যাভোপ্রোটিন)-এর সহিত বিক্রিয়ায় ইহা হইতে দুই পরমাণু হাইড্রোজেন অপসারণ করিয়া স্বয়ং বিজারিত হয়।

বিজারিত ফ্ল্যাভোপ্রোটিন (2H)

বিজারিত ফ্ল্যা ভো প্রো টি ন বায়বীয় অক্সিজেনের $\frac{1}{2}O_2$ দ্বারা জারিত হইতে পারে।

↓ বিজারিত ফ্ল্যাভোপ্রোটিন *Cytochrome* (সাইটোক্রোম)-এর সহিত বিক্রিয়ায় ইহার দুই পরমাণু হাইড্রোজেন দ্বারা সাইটোক্রোমকে বিজারিত করে।

বিজারিত সাইটোক্রোম

↓ বিজারক সা ই টো ক্রো ম বায়বীয় $\frac{1}{2}O_2$ এবং *Cytochrome oxydase* (সাইটোক্রোম অক্সিডেজ) নামক এনজাইমের সহায়তায় H_2O ও O উৎপন্ন করে।

দেখা গিয়াছে যে, এক গ্রাম অণু হেক্সোজ শর্করার জারণের দ্বারা সম্পূর্ণরূপে বিশ্লেষিত হইতে যে পরিমাণ গতিশক্তি মুক্ত হয় তাহা প্রায় 674,000 ক্যালরি তাপশক্তির সমান। নিম্নলিখিত সংকেতের দ্বারা ইহা প্রকাশ করা যায় ঃ

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 674{,}000 \text{ ক্যালরি}$$

Mechanism of respiration (শ্বাসকার্যের প্রক্রিয়া)

বর্তমানে ইহা প্রমাণিত হইয়াছে যে বিভিন্ন প্রকার enzyme (এনজাইম)-এর সাহচর্যে কার্বোহাইড্রেট বিধ্বস্ত হইয়া pyruvic acid (পাইরুভিক অ্যাসিড)-এ পরিণত হয়। যে পদ্ধতিতে ইহা সংঘটিত হয় তাহাকে glycolysis (গ্লাইকোলিসস) অথবা EMP বা Embden Meyerhof Parnas (ই. এম পি. বা এম্‌ব্‌ডেন মায়ারহফ পরনস) বলে। Aerobic respiration (সবাত শ্বাসকার্য)-এর সময় পাইরুভিক অ্যাসিড অক্সিজেনের সাহায্যে সম্পূর্ণরূপে জারিত হইয়া (Kreb cycle) (ক্রেব চক্র) অথবা TCA বা tricarboxylic acid cycle (টি. সি. এ. বা ট্রাই-কার্বক্সিলিক অ্যাসিড চক্র) অথবা citric acid cycle (সাইট্রিক অ্যাসিড চক্র) অবলম্বনের দ্বারা কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলে পরিণত হয়। Anaerobic respiration (অবাত শ্বাসকার্য) এর সময় পাইরুভিক অ্যাসিডের অসম্পূর্ণ জারণ সংঘটিত হয় যাহার ফলে ethyl alcohol (ইথাইল কোহল) ও কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। এই প্রক্রিয়াকে কোনো কোনো ক্ষেত্রে fermentation (সন্ধান) নামে অভিহিত করা হয়। উদ্ভিদের ক্ষেত্রে alcoholic fermentation (কোহল সন্ধান), lactic acid fermentation (ল্যাক্‌টিক অ্যাসিড সন্ধান), butyric acid fermentation (বিউটিরিক অ্যাসিড সন্ধান) প্রভৃতি বিভিন্ন প্রকৃতির সন্ধান দেখিতে পাওয়া যায়। অতএব দেখা যাইতেছে যে, সবাত শ্বাসকার্য গ্লাইকোলিসিস এবং ক্রেব চক্র প্রক্রিয়ার সমষ্টি বুঝায় এবং অবাত শ্বাসকার্য গ্লাইকোলিসিস ও সন্ধান প্রক্রিয়ার দ্বারা সংঘটিত হয়।

Chemistry of respiration (শ্বাসকার্যের সময় রাসায়নিক বিক্রিয়া)

উদ্ভিদ বিজ্ঞানীগণ সকলেই এই বিষয়ে একমত যে, hexose sugar (হেক্সোজ শর্করা)-ই হইল প্রাথমিক শ্বাসকার্যজনিত পদার্থ। তাঁহারা মনে করেন যে, হেক্সোজ শর্করা প্রথমে inorganic phosphates (অজৈব ফসফেট) যুক্ত ATP, DPN প্রভৃতি বিভিন্ন co-enzyme (সহ-এনজাইম)-এর সংস্পর্শে আসিয়া phosphorylation (ফসফোরাইলেশন) প্রক্রিয়ার দ্বারা স্থায়ী পদার্থ হইতে অস্থায়ী পদার্থে পরিণত হয়।

পর্যায়ক্রমিক রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি নিম্নে বর্ণিত হইল। যথা—

(a) প্রথমে হেক্সোজ শর্করা *hexokinase* (হেক্সোকাইনেজ) নামক

এনজাইমের সাহায্যে glucose-6 phosphate (গ্লুকোজ-6 ফসফেট) উৎপন্ন করে ; যথা—

$$\underset{\text{গ্লুকোজ}}{CHO(CHOH)_4CH_4OH} + ATP \xrightleftharpoons{\text{হেক্সোকাইনেজ}} \underset{\text{গ্লুকোজ-6-ফসফেট}}{CHO(CHOH)_4CH_2O + (H_2PO_3)} + ADP$$

(*b*) *Phosphohexoisomerase* (ফসফোহেক্সোআইসোমারেজ) নামক এনজাইমের সাহায্যে গ্লুকোজ-6-ফসফেট Fructose-6-phosphate (ফ্রুকটোজ-6-ফসফেট) নামক অধিকতর অস্থায়ী পদার্থে পরিণত হয় ; যথা—

$$\underset{\text{গ্লুকোজ-6-ফসফেট}}{CHO(CHOH)_4CH_2O(H_2PO_3)} \xrightleftharpoons{\text{ফসফোহেক্সোআইসোমারেজ}} \underset{\text{ফ্রুকটোজ-6-ফসফেট}}{CH_2OH.CO(CHOH)_2 CH_2O(H_2PO_3)}$$

(*c*) ফ্রুকটোজ-6-ফসফেট এনজাইম *phosphohexokinase* (ফসফোহেক্সোকাইনেজ) এবং co-enzyme ATP (সহ-এনজাইম ATP)-এর অপর একটি অণুর সাহায্যে Fructose-1, 6-diphosphate (ফ্রুকটোজ-1, 6-ডাইফসফেট)-এ পরিণত হয়। যথা—

$$\underset{\text{ফ্রুকটোজ-6-ফসফেট}}{CH_2OH.CO(CHOH)_2CH_2O(H_2PO_3)} + ATP \xrightleftharpoons{\text{ফসফোহেক্সোকাইনেজ}} \underset{\text{ফ্রুকটোজ-1, 6-ডাইফসফেট}}{CH_2O(H_2PO_3).CO(CHOH)_3CH_2O(H_2PO_3)} + ADP$$

(*d*) ফ্রুকটোজ-1, 6-ডাইফসফেট এনজাইম *aldolase* (অ্যাল্ডোলেজ)-এর সাহায্যে সংশ্লিষ্ট হইয়া dihydroxyacetone phosphate (ডাই-হাইড্রক্সি অ্যাসিটোন ফসফেট) এবং phosphoglyceraldehyde (ফসফোগ্লিসারলডিহাইড) গঠন করে ; যথা—

$$\underset{\text{ফ্রুকটোজ-1, 6-ডাইফসফেট}}{CH_2O(H_2PO_3).CO(CHOH)_3.CH_2O(H_2PO)_3} \xrightleftharpoons{\text{অ্যাল্ডোলেজ}} \underset{\text{ফসফোগ্লিসারালডিহাইড}}{CH_2O(H_2PO_3)CHOH.CHO} + \underset{\text{ডাইহাইড্রোক্সি অ্যাসিটোন ফসফেট}}{CH_2OH.CO.CH_2O(H_2PO_3)}$$

(*e*) ডাইফসফোগ্লিসারিক অ্যাসিড এনজাইম *phosphoglycerokinase*

(ফসফোগ্লিসারোকাইনেজ) এবং co-enzyme ADP (সহ-এনজাইম ADP)-এর সাহায্যে 3-phosphoglyceric acid (3-ফসফোগ্লিসারিক অ্যাসিড) উৎপন্ন করে, এই ক্ষেত্রে ADP, PTP-তে পরিণত হয় ; যথা—

ফসফোগ্লিসারোকাইনেজ

$$2CH_2O(H_2PO_3).CHOH.\ COO(H_2PO_3)+2ADP \rightleftharpoons 2CH_2O(H_2PO_3).\ CHOH.COOH+2ATP$$

1, 3-ডাইফসফোগ্লিসারিক অ্যাসিড 3-ফসফোগ্লিসারিক অ্যাসিড

(*f*) 3-ফসফোগ্লিসারিক অ্যাসিড এনজাইম *phosphoglyceric phosphomutase* (ফসফোগ্লিসারিক ফসফোমিউটেজ)-এর সাহায্যে 2-phosphoglyceric acid (2-ফসফোগ্লিসারিক অ্যাসিড)-এ পরিণত হয় ; যথা—

ফসফোগ্লিসারিক ফসফোমিউটেজ

$$2CH_2O(H_2PO_3).\ CHOH,\ COOH \rightleftharpoons 2CH_2OH\ CHO(H_2PO_3)COOH$$

2-ফসফোগ্লিসারিক অ্যাসিড ফসফোগ্লিসারিক অ্যাসিড

(*g*) 2-ফসফোগ্লিসারিক অ্যাসিড এনজাইম *enolase* (ইনোলেজ)-এর সাহায্যে 2-phosphoenolpyruvic acid (2-ফসফোএনোল পাইরুভিক অ্যাসিড)-এ পরিণত হয়। ইহাতে জল bye-product (উপজাত) হিসাবে উৎপন্ন হয় ; যথা—

ইনোলেজ

$$2CH_2OH.CHO(H_2PO_3)COOH \rightleftharpoons 2CH_2,CO.H_2PO_3)COOH+H_2O$$

2-ফসফোগ্লিসারিক অ্যাসিড 2-ফসফোএনোল পাইরুভিক অ্যাসিড

(*a*) সর্বশেষ প্রক্রিয়ায় 2-ফসফোএনোল পাইরুভিক অ্যাসিড এনজাইম *pyruvic kinase* (পাইরুভিক কাইনেজ) এবং co-enzyme ADP (সহ-এনজাইম ADP)-এর সাহায্যে ফসফরাস মুক্ত হইয়া pyruvic acid (পাইরুভিক অ্যাসিড) গঠন করে ; যথা—

পাইরুভিক কাইনেজ

$$2CH_2,CO(H_2PO_3)COOH \rightleftharpoons 2CH_3,CO.COOH+2ATP$$

2-ফসফোএনোল পাইরুভিক অ্যাসিড পাইরুভিক অ্যাসিড

এইরূপ হেক্সোজ শর্করা হইতে পাইরুভিক অ্যাসিড উৎপন্ন হইবার সমগ্র প্রক্রিয়াটিকে glycolysis (গ্লাইকোলিসিস) বলে।

B. KREB'S TRICARBOXYLIC ACID CYCLE (ক্রেবের ট্রাই-কার্বক্সিলিক অ্যাসিড চক্র)

সবাত শ্বাসকার্যের সময় পাইরুভিক অ্যাসিড জারিত হইয়া বিভিন্ন প্রকার জৈব অ্যাসিডে বিপাকিত হয়। এই প্রকার জারণের দ্বারা পাইরুভিক অ্যাসিড রাসায়নিক বিক্রিয়ার দ্বারা একটির পর একটি ধাপে বিভিন্ন প্রকার জৈব অ্যাসিড গঠন করিয়া অবশেষে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি নিম্নে বর্ণিত হইল ; যথা—

(*a*) পাইরুভিক অ্যাসিড এনজাইম *Pyruvic dehydrogenase* (পাইরুভিক ডিহাইড্রোজেনেজ) co-enzyme (সহ-এনজাইম CoA) এবং DPN-এর সংস্পর্শে হাইড্রোজেন ও carboxyl (কার্বক্সিল)-দল মুক্ত করিয়া acetyl CoA (অ্যাসিটিল CoA) এবং বিজারিত $DPNH_2$ উৎপন্ন করে ; যথা—

পাইরুভিক ডিহাইড্রোজেনেজ

$$CH_3CO.COOH + DPN \rightleftharpoons CH_3-S.CoA + CO_2 + DPNP_2$$

পাইরুভিক অ্যাসিড অ্যাসিটিল CoA

(*b*) অ্যাসিটিল CoA. 4-carbon compound oxalacetic acid (চারি কার্বনযুক্ত অক্সাল অ্যাসিটিক অ্যাসিড)-এর সহিত বিক্রিয়ার দ্বারা 6 carbon compound citric acid (6-কার্বনযুক্ত সাইট্রিক অ্যাসিড) গঠন করে ; যথা—

$$CH_3CO-S\,CoA + COOH\,CH_2.COOH$$

অ্যাসিটিল CoA

$$\rightleftharpoons COOH.CH_2C.(OH)COOH.CH_2COOH + HS.CoA(CoA)$$

অক্সাল অ্যাসিটিক অ্যাসিড সাইট্রিক অ্যাসিড

উপরোক্ত সংকেত হইতে দেখিতে পাওয়া যায় যে, এই বিক্রিয়ায় এক অণু জলের প্রয়োজন হয়।

(*c*) এনজাইম *aconitase* (অ্যাকোনাইটেজ)-এর সাহায্যে সাইট্রিক অ্যাসিড অণুর রাসায়নিক পরিবর্তনের ফলে cis-aconitic acid (সিস-অ্যাকোনিটিক অ্যাসিড) গঠন করে যাহা অবশেষে isocitric acid (আইসো-সাইট্রিক অ্যাসিড)-এ পরিণত হয়।

$COOH.CH_2.C(OH).COOH.CH_2(COOH)$
সাইট্রিক অ্যাসিড

অ্যাকোনাইটেজ
$\rightleftharpoons COOH.CHOH.CH.COOH.CH_2.COOH.$
আইসোসাইট্রিক অ্যাসিড

(*d*) আইসোসাইট্রিক অ্যাসিড এনজাইম *isocitric dehydrogenase* (আইসোসাইট্রিক ডিহাইড্রোজেনেজ) এবং DPN-এর সংস্পর্শে ∝-keto-glutaric acid (∝-কিটো-গ্লুটারিক অ্যাসিড)-এ পরিণত হয় ; যথা—

আইসোসাইট্রিক ডিহাইড্রোজেনেজ
$COOH.CHOH.CH.COOH.CH_2.COOH \rightleftharpoons COOH.$
আইসোসাইট্রিক অ্যাসিড
$(CH_2)_2CO.COOH + DPNH_2 + CO_2$
∝-কিটো-গ্লুটারিক অ্যাসিড

(*e*) ∝-কিটো-গ্লুটারিক অ্যাসিড এনজাইম *∝-keto-glutaric dehydrogenase* (∝-কিটো-গ্লুটারিক ডিহাইড্রোজেনেজ) এবং CoA এবং DPN-এর উপস্থিতিতে জারিত হইয়া Succinyl CoA (সাক্সিনিল CoA), বিজারিত DPN ও CO_2 গঠন করে ; যথা—

∝-কিটো-গ্লুটারিক ডিহাইড্রোজেনেজ
$COOH.(CH_2)_2CO.(COOH) + HS.CoA + DPN \rightleftharpoons COOH.$
∝-কিটো-গ্লুটারিক অ্যাসিড
$(CH_2)_2CO - S.COA.DPNH_2 + CO_2$
সাক্সিনিল CoA

(*f*) সাক্সিনিল CoA জলের অণুর সহিত যুক্ত হইয়া Succinic acid (সাক্সিনিক অ্যাসিড) উৎপন্ন করে ও CoA পুনরায় মুক্ত হয় ; যথা—

$COOH.(CH_2)_2CO - S.CoA + H_2O \rightleftharpoons COOH.(CH_2)_2COOH$
সাক্সিনিক CoA সাক্সিনিল অ্যাসিড
$+ HS.COA.$

এই বিক্রিয়ার দ্বারা যে শক্তি মুক্ত হয় তাহা ADP হইতে ATP উৎপাদনে ব্যয়িত হয়।

(*g*) সাক্সিনিক অ্যাসিড এনজাইম *Succinic dehydrogenase* (সাক্সিনিক ডিহাইড্রোজেনেজ) ও flavin (ফ্ল্যাভিন)-এর সাহায্যে fumeric acid (ফিউমারিক অ্যাসিড) গঠন করে।

সাক্সিনিক ডিহাইড্রোজেনেজ
$COOH.(CH_2)_2COOH + flavin \rightleftharpoons COOH.CH = CH.COOH$
সাক্সিনিক অ্যাসিড ফ্লাভিন ফিউমারিক অ্যাসিড
$+ flavin\ H_2$

(*h*) ফিউমারিক অ্যাসিড এনজাইম *fumerase* (ফিউমারেজ)-এর সাহায্যে Malic acid (ম্যালিক অ্যাসিড)-এ পরিণত হয় ; যথা—

$$COOH.CH=CH.COOH+H_2O \xrightleftharpoons{\text{ফিউমারেজ}} COOH.CH_2CHOH.COOH$$

ফিউমারিক অ্যাসিড ম্যালিক অ্যাসিড

লক্ষ্য রাখিতে হইবে যে, এই বিক্রিয়ায় এক অণু জলের প্রয়োজন হয়।

(*i*) ম্যালিক অ্যাসিড এনজাইম *Malic dehydrogenase* (ম্যালিক ডিহাড্রোজেনেজ) ও DPN-এর উপস্থিতিতে oxalic acid (অক্সালিক অ্যাসিড)-এ পরিণত হয় ; যথা—

$$COOH.CH_2CHOH.COOH \xrightleftharpoons{\text{ম্যালিক ডিহাইড্রোজেনেজ}} COOH{\cdot}CH_2.CO.COOH+DPNH_2$$

ম্যালিক অ্যাসিড অক্সাল অ্যাসিটিক অ্যাসিড

অক্সাল অ্যাসিটিক অ্যাসিড উৎপাদনের সাথেই চক্রটি পুনরায় সংঘটিত হইতে থাকে। সেইজন্য এই চক্রটিকে Kreb's tricarboxylic acid cycle (ক্রেবের ট্রাইকার্বক্সিলিক অ্যাসিড চক্র) অথবা cyclophosphorase system (সাইক্লোফসফোরেজ গঠনতন্ত্র) বলে।

এই চক্র লক্ষ্য করিলে দেখা যায় যে, কোনো কোনো পর্যায় অ্যাসিডের অণু হইতে হাইড্রোজেন ও কার্বক্সিল-দল বিমুক্ত হয়। প্রতি পাইরুভিক অ্যাসিডের অণুর জারণের ফলে তিন অণু CO_2 উৎপন্ন হয়।

শ্বাসকার্যজনিত পদার্থ হইতে হাইড্রোজেন বিমোচিত হইয়া ক্রমপর্যায়ে hydrogen transport system (হাইড্রোজেন বাহকতন্ত্র)-এর মাধ্যমে শ্বাসকার্যের পরিসমাপ্তিকালে অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়ায় জল এবং ATP গঠন করে।

অতএব সম্পূর্ণ শ্বাসকার্য প্রক্রিয়াটিকে বিশদভাবে পর্যবেক্ষণ করিলে ইহা সুস্পষ্টরূপে বুঝিতে পারা যায় যে, প্রতি পাইরুভিক অ্যাসিড অণু জারিত হইয়া তিন অণু CO_2 (কার্বন ডাই-অক্সাইড) উৎপন্ন করে। কিন্তু এক অণু হেক্সোজ শর্করা হইতে দুই অণু পাইরুভিক অ্যাসিড অর্থাৎ ছয় অণু CO_2 উৎপন্ন হয়। অধিকন্তু $DPNH_2$ এবং ফ্লাভিন-H_2 প্রভৃতি বিজারিত হাইড্রোজেন বাহকের জারণের ফলে জলের অণু গঠিত হয়। দেখা গিয়াছে যে, পাইরুভিক অ্যাসিডের সম্পূর্ণ জারণের ফলে চারি অণু $DPNH_2$ ও এক অণু ফ্লাভিন-H_2 উৎপন্ন হয় ও গ্লাইকোলিসিসের সময় এক অণু $DPNH_2$ গঠিত হয়। এই ছয় অণু

হাইড্রোজেন বাহকের জারণের ফলে ছয় অণু জল উৎপন্ন হয়। অধিকন্তু দেখা যাইতেছে যে, প্রতি পাইরুভিক অ্যাসিডের অণুর দহনের ফলে তিন অণু কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। অতএব সম্পূর্ণ শ্বাসকার্য প্রক্রিয়ায় সর্বসমেত ছয় অণু কার্বন ডাই-অক্সাইড গঠিত হয়।

Anaerobic respiration (অবাত শ্বাসকার্য)

পূর্বেই বলা হইয়াছে, হেক্সোজ শর্করা গ্লাইকোলিসিসি প্রক্রিয়ায় pyruvic acid (পাইরুভিক অ্যাসিড) নামক এক প্রকার অন্তর্বর্তী অস্থায়ী পদার্থ গঠন করে। Anaerobic respiration (অবাত শ্বাসকার্য)-কালে ইহা Kreb's Cycle (ক্রেব চক্র) অনুসরণের দ্বারা সম্পূর্ণরূপে জারিত না হইয়া অসম্পূর্ণরূপে জারিত হয়, যাহার ফলে ইহা বিশ্লেষিত হইয়া বিভিন্ন প্রকার জৈব অ্যাসিড, কোহল প্রভৃতি গঠন করে এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হয়। যখন এই প্রকার অবাত শ্বাসকার্য ছত্রাক, জীবাণু প্রভৃতি কয়েকটি নিম্নশ্রেণী উদ্ভিদের ক্ষেত্রে সংঘটিত হয় তখন ইহাকে fermentation (সন্ধান) বলে।

আবত শ্বাসকার্যে যে সকল রাসায়নিক বিক্রিয়া সংঘটিত হয় তাহা নিম্নে বর্ণিত হইল; যথা—

(*a*) পাইরুভিক অ্যাসিড এনজাইম *carboxylase* (কার্বক্সাইলেজ)-এর সাহায্যে acetaldehyde (অ্যাসিট্যালডিহাইড) ও CO_2 (কার্বন ডাই-অক্সাইড)-এ বিশ্লেষিত হয়; যথা—

$$CH_3.CO.COOH \xrightleftharpoons{\text{কার্বক্সাইলেজ}} CH_3.CHO + CO_2$$

পাইরুভিক   অ্যাসিট্যালডিহাইড

(*b*) অ্যাসিট্যালডিহাইড, সহ-এনজাইম $DPNH_2$-এর সহিত বিক্রিয়ায় ethyl alcohol (ইথাইল কোহল) এবং DPN গঠন করে; যথা—

$$CH_3.CHO + DPNH_2 \xrightleftharpoons{\text{কোহল ডিহাইড্রোজেনেজ}} CH_3.CH_2OH + DPN$$

অ্যাসিট্যালডিহাইড   ইথাইল কোহল

কখনও কখনও bacterial fermentation (জীবাণু সন্ধান)-কালে পাইরুভিক অ্যাসিড $DPNH_2$-এর সহিত বিক্রিয়ায় lactic acid (ল্যাক্টিক অ্যাসিড) ও DPN উৎপন্ন করে; যথা—

$$CH_2.CO.COOH + DPNH_2 \rightleftharpoons CH_2CHOH.COOH + DPN$$

পাইরুভিক অ্যাসিড   ল্যাকটিক অ্যাসিড

Anaerobic respiration and alcoholic fermentation (অবাত শ্বাসকার্য ও কোহল সন্ধান)

অবাত শ্বাসকার্য ও কোহল সন্ধান, উভয় ক্ষেত্রেই হেক্সোজ শর্করাকে প্রাথমিক পদার্থরূপে গণ্য করা হয়। উভয় ক্ষেত্রেই রাসায়নিক বিক্রিয়ার সমাপ্তি ঘটিলে কোহল উৎপন্ন হয়, কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হয় এবং সম পরিমাণ শক্তি মুক্ত হয়। কোহল সন্ধানের সময় কয়েক প্রকার ছত্রাক, জীবাণু প্রভৃতি নিম্নশ্রেণী উদ্ভিদের ক্ষেত্রে বহির্ভাগে অবস্থিত হেক্সোজ শর্করার মাধ্যমটি কোহল ও কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয় কিন্তু অবাত শ্বাসকার্যে কোহল ও কার্বন ডাই-অক্সাইড কোষের অভ্যন্তরে গঠিত হয়। অতএব দেখা যাইতেছে যে, কোহল সন্ধানের ক্ষেত্রে উদ্ভিদদেহে কোহল দ্বারা বিষক্রিয়ার কোনো সম্ভাবনা নাই এবং যতক্ষণ বহিস্থ মাধ্যমটি উপস্থিত থাকিবে ততক্ষণ কোহল সন্ধানও চলিতে থাকিবে। অধিকন্তু ইহার দ্বারা কোষের বহির্ভাগে যে শক্তি মুক্ত হয় তাহার দ্বারা কোষঝিল্লীর নিকট অবস্থিত ADP, ATP-তে পরিণত হয়। কিন্তু আবাত শ্বাসকার্যে কোষমধ্যে কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ ক্রমশ বৃদ্ধি পায় বলিয়া এই প্রক্রিয়া ক্রমাগত চলিতে থাকিলে কোষগুলি তথা প্রোটোপ্লাস্ট কোহলের দ্বারা বিক্রিয়ার ফলে ক্ষতিগ্রস্ত হয়। কোহল সন্ধান হইল কয়েকটি নিম্নশ্রেণীর উদ্ভিদের স্বাভাবিক জৈবনিক কার্য কিন্তু উচ্চশ্রেণী উদ্ভিদের ক্ষেত্রে অবাত শ্বাসকার্যকে স্বাভাবিক শ্বাসকার্যের একটি অস্থায়ী প্রতিকল্পরূপে গণ্য করা হয়। ইহার দ্বারা যে শক্তি উন্মুক্ত হয় তাহা কোষের মধ্যেই সঞ্চিত থাকে।

Factors influencing respiration (শ্বাসকার্যের জন্য প্রয়োজনীয় কারণসমূহ)

অন্যান্য জৈব প্রক্রিয়ার ন্যায় শ্বাসকার্যও কতকগুলি কারণের দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়। ইহারা নিম্নে বর্ণিত হইল ; যথা—

1. *Temperature* (তাপমাত্রা)—দেখা গিয়াছে যে, নির্দিষ্ট তাপ সীমার মধ্যে অর্থাৎ 0°-45° সেন্টিগ্রেডের তাপমাত্রার মধ্যে তাপমাত্রা নিয়মিতরূপে বৃদ্ধি করিলে শ্বাসকার্যের হারও নিয়মিতরূপে বৃদ্ধি পায় কিন্তু ইহা 45° সেন্টিগ্রেডের যতই অধিক হইবে ততই শ্বাসকার্যের হারও দ্রুত হ্রাস পাইতে থাকিবে এবং ইহার সহিত অন্যান্য জৈবনিক কার্যেরও ততই অবনতি ঘটিবে।

ইহা প্রমাণিত হইয়াছে যে, 0°-35° সেন্টিগ্রেডে তাপসীমার মধ্যে শ্বাসকার্যের হার নিয়মিত বৃদ্ধি পায় কিন্তু 35° সেন্টিগ্রেডের ঊর্ধ্বে তাপমাত্রা অধিকক্ষণ রাখিলে শ্বাসকার্য ব্যাহত হয়। এইরূপ অধিকক্ষণ উচ্চতর তাপমাত্রায় থাকিলে প্রোটোপ্লাজমের কিছু অংশ (সম্ভবত কিছু এনজাইম) বিনষ্ট হইয়া শ্বাসকার্যের পতন ঘটায়। এতদ্ব্যতীত 35° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রার ঊর্ধ্বে কোষের মধ্যে স্বল্পহারে অক্সিজেন প্রবেশ করিলে অথবা শ্বাসকার্যজনিত পদার্থের পরিমাণ অপরিমিত হইলে অথবা কোষমধ্যে অত্যধিক কার্বন ডাই-অক্সাইড সঞ্চিত হইলে শ্বাসকার্য বিঘ্নিত হয়। দেখা গিয়াছে যে, 30° সেন্টিগ্রেডে উদ্ভিদ সুষ্ঠু ভাবে শ্বাসকার্য সম্পাদন করে এবং ইহার নিম্নেও শ্বাসকার্যের বিশেষ পরিবর্তন লক্ষিত হয় না।

2. *Concentration of oxygen* (অক্সিজেনের ঘনত্ব)—বর্তমানে পরীক্ষার দ্বারা ইহা প্রমাণিত হইয়াছে যে, অক্সিজেনের সরবরাহের পরিমাণ যতই বৃদ্ধি পাইবে শ্বাসকার্যের হারও তদনুপাতে বর্ধিত হইবে।

পরীক্ষার দ্বারা R.Q. (শ্বাসহার) মাপিবার সময় দেখা গিয়াছে যে, অক্সিজেন সরবরাহের ঘনত্ব (0·5) শতাংশ অথবা কোনো কোনো ক্ষেত্রে (0·2) শতাংশ হইলে অবাত শ্বাসকার্যের সমাপ্তি ঘটে। অক্সিজেন সরবরাহের এইরূপ ঘনত্বকে extinction point (সমাপ্তি বিন্দু) বলে। এই সমাপ্তি বিন্দুর ঊর্ধ্বে সবাত শ্বাসকার্যের সূচনা হয়। দুইটি তথ্যের দ্বারা ইহা প্রমাণ করা যায়। প্রথমটি হইল যে, সমাপ্তি বিন্দুর ঊর্ধ্বে শ্বাসকার্যজনিত এনজাইমগুলি জারিত হইয়া কার্যকরী হয়। দ্বিতীয় তথ্যটি F. F. Blackman (এফ. এফ. ব্ল্যাকম্যান) নামক বিজ্ঞানী উপস্থাপিত করিয়াছিলেন। তাঁহার মতে গ্লাইকোলিসিস প্রক্রিয়া আরম্ভের পূর্বে অক্সিজেন সরবরাহ কার্বোহাইড্রেট চলাচলে এবং ইহাকে কার্যকরী করিতে সহায়তা করে যাহার ফলে শ্বাসকার্যের হার পরোক্ষভাবে বৃদ্ধি পায়।

3. *Light* (আলোক)—অতীতে বিজ্ঞানীগণ মনে করিতেন যে, ক্লোরোফিলবিহীন উদ্ভিদের ক্ষেত্রে আলোকের সহিত শ্বাসকার্যের কোনোরূপ সম্বন্ধ নাই। কিন্তু অধুনা ইহা প্রমাণিত হইয়াছে যে এই প্রকার উদ্ভিদকে আলোক সরবরাহ করিলে শ্বাসকার্যের হার কুড়ি শতাংশ হইতে শত শতাংশ বৃদ্ধি পায়।

সবুজ বর্ণের উদ্ভিদের ক্ষেত্রে শ্বাসকার্যের উপর আলোকের প্রতিক্রিয়া

সালোকসংশ্লেষ প্রক্রিয়ার সহিত জড়িত। নির্দিষ্ট সীমার মধ্যে intensity of light (আলোকের তীব্রতা) বর্ধিত করিলে শ্বাসকার্যজনিত পদার্থের পরিমাণ বৃদ্ধি পায় এবং ইহাতে শ্বাসকার্যের হারও বৃদ্ধি পায়।

4. *Salts acids, alkalies, poisonous substances and stimulating organic substances* (লবণ, অ্যাসিড, ক্ষার, বিষাক্ত পদার্থ এবং উত্তেজক জৈব পদার্থ)--দেখা গিয়াছে যে, ইথার, ফরম্যালডিহাইড, কোকেন, মরফিন প্রভৃতি কয়েকটি রাসায়নিক পদার্থের লঘু দ্রবণ স্বল্পক্ষণ ধরিয়া প্রয়োগ করিতে শ্বাসকার্যের হার বৃদ্ধি পায় কিন্তু ঐ সকল পদার্থের ঘন দ্রবণ অধিকক্ষণ প্রয়োগে শ্বাসকার্যের ব্যাঘাত ঘটায়।

5. *Disease and injury* (রোগ এবং আঘাত)—উদ্ভিদকোষগুলি রোগগ্রস্ত বা আঘাত প্রাপ্ত হইলে উহাদের শ্বাসকার্যও বৃদ্ধি পায়। ইহা আঘাত-প্রাপ্ত অথবা রোগগ্রস্ত কোষের বিস্তারের উপর নির্ভর করে।

6. *Carbon dioxide concentration* (কার্বন ডাই-অক্সাইডের ঘনত্ব) —বায়ুমণ্ডলে কার্বন ডাই-অক্সাইডের ঘনত্বের পরিবর্তন ঘটিতে শ্বাসকার্যের বিশেষ পরিবর্তন লক্ষিত হয় না; কিন্তু মৃত্তিকায় ইহার পরিবর্তন ঘটিলে শ্বাসকার্যেরও প্রভূত পরিবর্তন সাধিত হয়।

7. *Water supply* (জল সরবরাহ)—সাধারণ উদ্ভিদের ক্ষেত্রে জল সরবরাহের সহিত শ্বাসকার্যের কোনো প্রকার সম্বন্ধ না থাকিলেও Xerophytes (জাঙ্গল উদ্ভিদ)-এর ক্ষেত্রে জলসরবরাহ শ্বাসকার্য হারের যথেষ্ট পরিবর্তন সাধন করে।

B. INTERNAL FACTORS (**অন্তস্থ কারণ**)

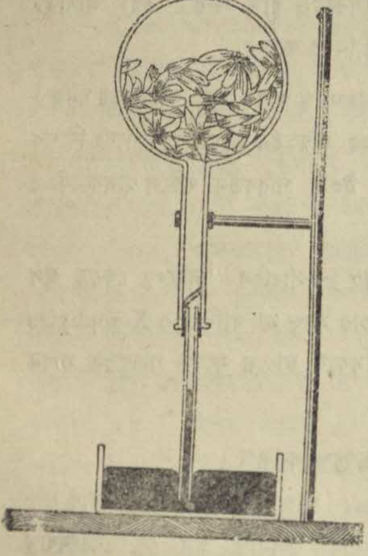
1. *Food or Respirable materials* (খাদ্য বা শ্বাসকার্যজনিত পদার্থ)—বহু পরীক্ষার দ্বারা বিজ্ঞানীগণ এই সিদ্ধান্তে উপনীত হন যে, কোষমধ্যস্থ সঞ্চিত শ্বাসকার্যজনিত পদার্থের দ্রবণের পরিবর্তন ঘটিলে শ্বাসকার্যের হারও সেই অনুপাতে পরিবর্তিত হয়।

2. *Water content of the cells* (কোষমধ্যস্থ জলের পরিমাণ)—কোষমধ্যস্থ জলের পরিমাণের উপর শ্বাসকার্য নির্ভরশীল। শুষ্ক বীজ স্বভাবতই অতি ধীরে শ্বাসকার্য সম্পাদন করে কিন্তু ইহাদিগকে সিক্ত করিলে শ্বাসকার্যের হার ক্রমেই বৃদ্ধি পাইতে থাকে। বীজগুলিকে অতি মাত্রায় সিক্ত করিলে শ্বাসকার্যের হার ক্রমেই হ্রাস পাইতে থাকে। সিক্ত করিলে যে

শ্বাসকার্য বৃদ্ধি পায় তাহার কারণস্বরূপ বলা হইয়াছে যে, ইহাতে শ্বাসকার্যজনিত পদার্থ জলে দ্রবীভূত হইয়া শ্বাসকার্যজনিত এনজাইম ও হর্মোনগুলিকে কার্যকরী করিয়া থাকে যাহার ফলে প্রোটোপ্লাজমের শ্বাসকার্য বর্ধিত হয়।

Experiments demonstrating respiration (শ্বাসকার্য বুঝাইবার জন্য কয়েকটি পরীক্ষা)

২৮নং পরীক্ষা : *Aerobic respiration* (সবাত শ্বাসকার্য : ৬৩নং চিত্র) —কতকগুলি সূর্যমুখী ফুলের সবুজ involucre of bracts (মঞ্জরী পত্রাবরণ) অপসারণ করিয়া উহাদিগকে একটি ফ্লাস্কের মধ্যে রাখিয়া জলদ্বারা সিক্ত কর। ফ্লাস্কের মুখ একটি ছিদ্রযুক্ত ছিপির সাহায্যে বন্ধ করিয়া ইহার ছিদ্রের মধ্য দিয়া একটি কাচনল প্রবেশ করাও। এখন ফ্লাস্কটিকে এইরূপে উপুড় কর যাহাতে কাচনলটি খাড়াভাবে একটি পারদপূর্ণ পাত্রে ডুবিয়া থাকে। এইরূপ করিবার পূর্বে অবশ্য ফ্লাস্কের মধ্যে কিছু কষ্টিক পটাশের টুকরো লইয়া ইহার মুখটিকে মোমের সাহায্যে উপযুক্তরূপে বায়ু রোধক করিতে হইবে। ইহার অনুরূপ আর একটি পরীক্ষা সম্পাদন কর কিন্তু এই ক্ষেত্রে ফ্লাস্কে কোনো কষ্টিক পটাশের টুকরা থাকিবে না।



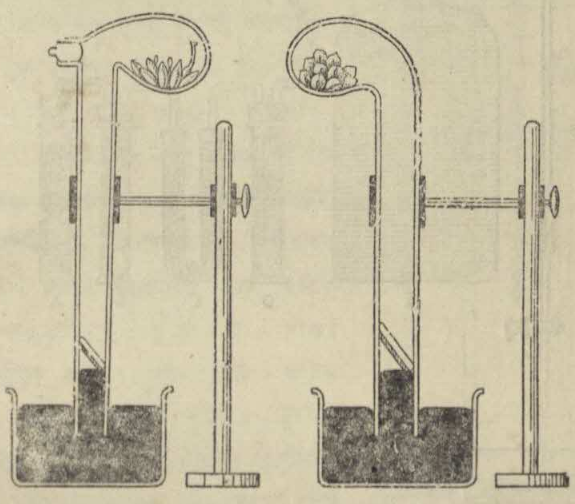
৬৩নং চিত্র—সবাত শ্বাসকার্য

এইরূপ অবস্থায় ফ্লাস্ক দুইটিকে কিছুক্ষণ ক্ল্যাম্পের সাহায্যে আটকাইয়া রাখিলে দেখা যাইবে যে, প্রথমোক্ত কাচনলের মধ্য দিয়া কিছু পারদ প্রবেশ করিয়াছে কিন্তু শেষোক্ত ক্ষেত্রে কাচনলের মধ্য দিয়া পারদ প্রবেশ করে নাই।

ইহার কারণস্বরূপ বলা হইয়াছে যে, প্রথমোক্ত ক্ষেত্রে ফ্লাস্কমধ্যস্থ বায়ুতে যে কার্বন ডাই-অক্সাইড থাকে তাহা কষ্টিক পটাশ শোষণ করিয়া লয়। ফুলের পাপড়িগুলি এই কার্বন ডাই-অক্সাইডবিহীন বায়ু হইতে শ্বাসকার্যের দ্বারা অক্সিজেন গ্রহণ করিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড মুক্ত করে যাহা কষ্টিক পটাশের

টুক্‌রা শোষণ করিয়া লয়। ইহাতে ফ্লাস্কমধ্যস্থ বায়ুর চাপ ক্রমেই হ্রাস পাইতে থাকে, যাহার ফলে কাচনল দিয়া পারদ উপরে উঠে। কিন্তু শেষোক্ত ক্ষেত্রে কাচনলে কষ্টিক পটাশের টুক্‌রার অভাবে শ্বাসকার্যের দ্বারা মুক্ত কার্বন ডাই-অক্সাইড শোষিত হয় না, যাহার ফলে কাচনলের পারদতলের বিশেষ তারতম্য হয় না।

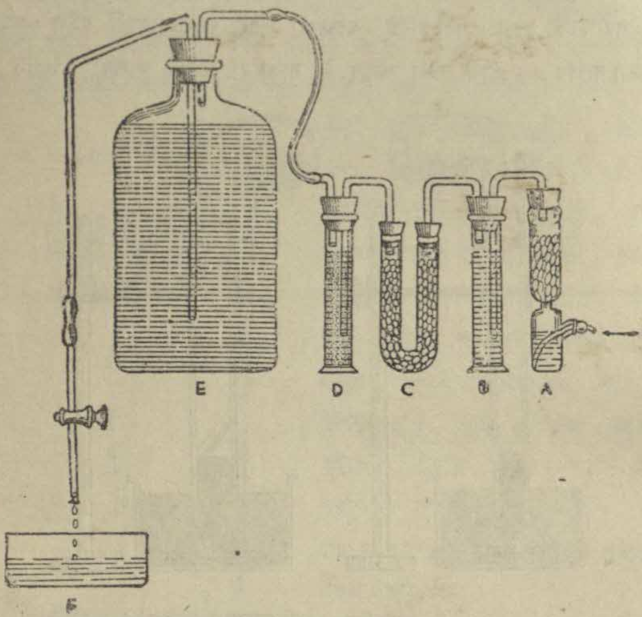
২৯নং পরীক্ষা—Respiroscope (রেসপিরোস্কোপ ঃ ৬৪নং চিত্র) —*Experiment to demonstrate respiration* (সবাত শ্বাসকার্যের পরীক্ষা) এই পরীক্ষাটি ৬৪নং পরীক্ষারই অনুরূপ। এই ক্ষেত্রে যন্ত্রটি হইল একটি দীর্ঘ কাচনল যাহার এক প্রান্ত হইল স্ফীত ও বাঁকানো একটি বাল্‌ব (bulb)-এর



৬৪নং চিত্র—রেসপিরোস্কোপ

সমষ্টি (চিত্রে যেরূপ দেখান হইয়াছে)। বাল্‌বের এক প্রান্তে একটি ছিদ্র আছে যাহা stop cock (স্টপ কক্) দ্বারা যুক্ত। বাল্‌বের মধ্যে কিছু ফুলের পাপড়ি অথবা সিক্ত ও অঙ্কুরিত ছোলা বা মটরের বীজ হইতে বীজত্বক অপসারণ করিয়া লও ও অল্প কয়েকটি কষ্টিক পটাশের টুক্‌রা স্টপ কক্ অপসারণ করিয়া ইহাতে প্রবেশ করাও। এখন কাচনলটিকে পারদপূর্ণ পাত্রে কিছুক্ষণ ডুবাইয়া রাখিলে দেখা যাইবে যে, ইহার মধ্যে পারদ প্রবেশ করিয়াছে। বাল্‌বের মধ্যে কষ্টিক পটাশের টুক্‌রা না লইয়া কাচনলটিকে কষ্টিক পটাশের দ্রবণে ডুবাইয়া রাখিলে অনুরূপ ফল দেখিতে পাওয়া যাইবে।

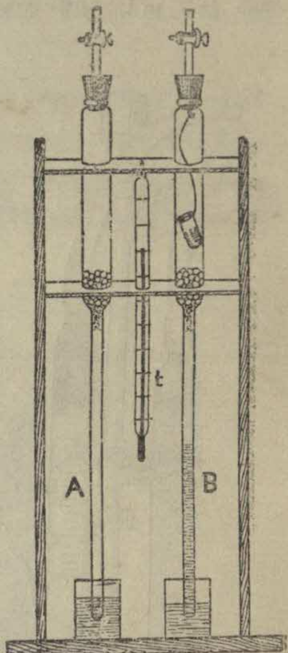
৩০নং পরীক্ষা—একটি U-নল C, দুইটি কাচের জার B ও D এবং একটি কষ্টিক পটাশপূর্ণ পাত্র A লও (৬৫নং চিত্র)। B ও D এই দুইটি কাচের জারে চুনের জল এবং U-নল C-তে কিছু অঙ্কুরিত বীজ লও যাহার বীজত্বকগুলি অপসারণ করা হইয়াছে। কাচের জার D-এর সহিত একটি aspirator (বাতচোষক) সংযুক্ত কর। বাতচোষকের কল খুলিলে সকল যন্ত্রের মধ্য দিয়া দ্রুত বাতাস ঢুকিতে থাকিবে। কষ্টিক পটাশ জার A-এর মধ্য দিয়া



৬৫নং চিত্র—এই যন্ত্রের সাহায্যে অঙ্কুরিত বীজের শ্বাসকার্য দেখান হইয়াছে

বাতাস প্রবেশ করিলে ইহা কার্বন ডাই-অক্সাইডে মুক্ত হইবে। এই কারণে B জারে অবস্থিত চুনের জল ঘোলাটে হয় না। U-নল C-এর মধ্য দিয়া বাতাস প্রবেশ করিবার সময় ইহা অঙ্কুরিত বীজের সংস্পর্শে আসে। এই স্থানে বায়ুস্থ অক্সিজেনের সাহায্যে বীজগুলি শ্বাসকার্য সম্পাদন করে ও কার্বন ডাই-অক্সাইড D কাচ-জারে প্রবেশ করিলে ইহাতে অবস্থিত চুনের জল ঘোলাটে হইয়া যায়। ইহা হইতে প্রমাণিত হয় যে, শ্বাসকার্যকালে কার্বন ডাই-অক্সাইড মুক্ত হয়।

৩১নং পরীক্ষা—*Experiment showing evolution of carbon dioxide during aerobic respiration* (সবাত শ্বাসকার্যে যে কার্বন ডাই-অক্সাইড মুক্ত হয় তাহার পরীক্ষা : (৬৬নং চিত্র)—একটি কাষ্ঠনির্মিত ফ্রেমে দুইটি কাচনল A ও B খাড়াভাবে রাখা হইয়াছে (চিত্রে যেরূপ দেখান হইয়াছে)। প্রতি কাচনলের নিম্নভাগ দীর্ঘ ও সরু কিন্তু উপরিভাগ প্রশস্ত এবং ইহা রবারের ছিপির দ্বারা বন্ধ। কাচনলের সরু অংশগুলিকে জলপূর্ণ বীকারে ডুবাইয়া রাখ। উভয় নলেরই প্রশস্ত অংশগুলিতে অঙ্কুরিত বীজ লইয়া বীজত্বক ছাড়াইয়া প্রবেশ করাও এবং বীজগুলি যাহাতে সরু নলের অংশে প্রবেশ না করিতে পারে সেইজন্য প্রশস্ত ও সরু অংশের সংযোগস্থলে কিছু glass-wool (গ্লাসউল) লও। এখন একটি ক্ষুদ্র নলে কিছু কস্টিক পটাশ লইয়া B-নলের ছিপি হইতে ঝুলাইয়া দাও। নলগুলিকে উপযুক্তরূপে বায়ুরোধক কর। দুইটি নলের মধ্যস্থলের ফ্রেম হইতে একটি থারমোমিটার ঝুলাইয়া দাও। সমগ্র যন্ত্রটিকে এইরূপ স্থানে রাখ যেখানে তাপমাত্রা প্রায় সমভাবে থাকে। ইহাতে থারমোমিটার কর্তৃক পরীক্ষাকালীন তাপমাত্রা নির্দেশিত হইবে। কয়েক দিন বাদে দেখা যাইবে যে B কাচনলে বীকারের জল প্রবেশ করিয়াছে কিন্তু A কাচনলে করে নাই।

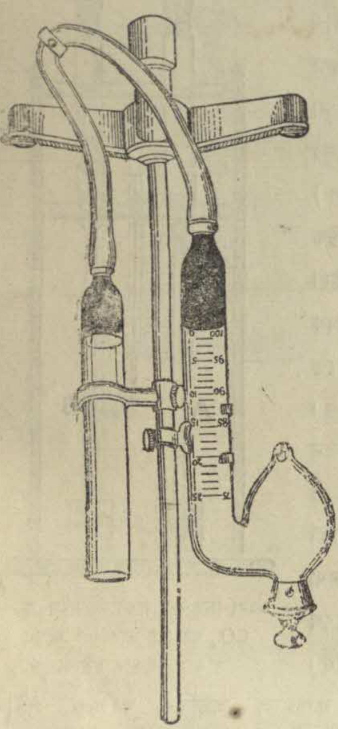


৬৬নং চিত্র—শ্বাসকার্যের সময় যে CO_2 যুক্ত হয় তাহা এই যন্ত্রের সাহায্যে বুঝান হইয়াছে

ইহার কারণস্বরূপ বলা হয় যে, B কাচনলে অবস্থিত কস্টিক পটাশ শ্বাসকার্যের দ্বারা উদ্ভূত কার্বন ডাই-অক্সাইড শোষণ করে যাহার ফলে ইহাতে জল প্রবেশ করে।

৩২নং পরীক্ষা : *Ganong's respirometer* (গ্যানোর রেসপিরোমিটার)—An apparatus for determination of R. Q. (শ্বাস-হার নির্ধারণ যন্ত্র : ৬৭নং চিত্র), গ্যানোর রেসপিরোমিটার নামক যন্ত্রটি দুইটি কাচনলের সমষ্টি, যাহার একটি অংশাঙ্কিত এবং ইহার অগ্রভাগের এক পার্শ্বে একটি বাল্ব

আছে। বালবের নিম্নাংশ স্বল্প উদ্গাত। বাল্‌বের উপরিভাগের খোলা মুখটি একটি stop cock (স্টপ কক্) দ্বারা বন্ধ। স্টপ কক্ ও বাল্‌বের উপরিভাগে উভয়েরই একটি করিয়া ছিদ্র আছে। বাল্‌বের মুখে স্টপ কক্‌টিকে চাপিয়া ঘুরাইলে দুইটি ছিদ্রই যখন মিলাইয়া যাইবে তখন বাল্‌বের মধ্যে বায়ু প্রবেশ করিবে। স্টপ ককের অন্য অবস্থায় ইহা বায়ুরোধক হয়। বাল্‌ব্ ব্যতীত নলটি 100 m.l. দাগে অংশাঙ্কিত করা হইয়াছে এবং বাল্‌বটির উদ্গাত অংশ ব্যতীত ইহার আয়তন 2 m.l. দাঁড়ায়। অপর কাচনলটির উপরিভাগ বায়ুতে মুক্ত এবং ইহাকে reservoir tube (আধার নল) বলে। ইহার নিম্নভাগে একটি নির্দিষ্ট দাগ চিহ্নিত করা আছে। উভয় নলেরই নিম্নাংশ একটি নলদ্বারা যুক্ত।

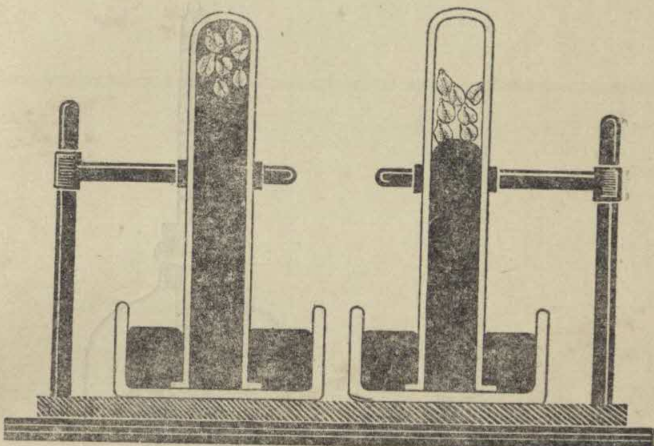


৬৭নং চিত্র—গ্যানোর রেসপিরোমিটার

বাল্‌বের উদ্গাত অংশে বীজত্বক-ছাড়ানো কয়েকটি বীজ রাখ এবং উহাতে অল্প জল লও যাহাতে উহার আয়তন 2 c.c. দাঁড়ায়। এখন আধার নলে পারদ ঢাল যাহাতে অংশাঙ্কিত নলের 100 c.c চিহ্নে পারদতল দাঁড়ায়। বাল্‌বটিকে স্টপ কক্ দ্বারা নির্দিষ্ট অবস্থানে বন্ধ করিয়া সম্পূর্ণ যন্ত্রটিকে ছায়াযুক্ত স্থানে খাড়া-ভাবে ক্ল্যাম্প এবং দণ্ডের সাহায্যে আঁটিয়া রাখ। প্রায় 72 ঘণ্টা পরে আধার নলটিকে অপসারণ করিয়া কস্টিক পটাশ দ্রবণপূর্ণ পাত্রে ডুবাইয়া দাও। এখন ধীরে ধীরে আধার নল হইতে পারদ অপসারণ করিয়া সম্পূর্ণ যন্ত্রের মধ্যে কস্টিক পটাশ দ্রবণ প্রবেশ করাও। আধার নলে কস্টিক পটাশ দ্রবণ নির্দিষ্ট চিহ্নে রাখিয়া অংশাঙ্কিত নলের কস্টিক পটাশ দ্রবণের তল লক্ষ্য কর। দেখিবে যে, ঐ তল উপরে উঠিয়া গিয়াছে। আবদ্ধ 100 c.c. অংশাঙ্কিত নলের বায়ুতে শ্বাসকার্যের

ফলে যে পরিমাণ কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হইয়াছে তাহা কস্টিক পটাশ দ্রবণে দ্রবণীয় বলিয়া উহার তল অংশাঙ্কিত নলের উপরে উঠিয়াছে। শ্বাসকার্যের পরে অংশাঙ্কিত নলে অবশিষ্ট অক্সিজেনের আয়তন নির্ণয় করিবার জন্য উপরোক্ত প্রণালীতে কস্টিক পটাশ দ্রবণের পরিবর্তে ইহার মধ্যে ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট দ্রবণ প্রবেশ করাও। এই পরীক্ষার দ্বারা গৃহীত অক্সিজেনের পরিমাণ এবং শ্বাসকার্যের ফলে নির্গত কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ নির্ণয় করা যায় এবং ইহা হইতে R.Q. (শ্বাসহার) নির্ণয় করা সম্ভব।

৩৩নং পরীক্ষা : *Anaerobic respiration* (অবাত শ্বাসকার্য)—একটি টেস্ট-টিউব পারদে পূর্ণ কর এবং ইহাকে একটি পারদপূর্ণ পাত্রের মধ্যে উপুড় কর ও খাড়াভাবে রাখিবার জন্য বন্দোবস্ত কর। এখন কতকগুলি ভিজা ছোলার বীজত্বক ছাড়াইয়া forceps (বাঁকা চিম্‌টা)-র সাহায্যে উহাদিগকে টেস্ট-

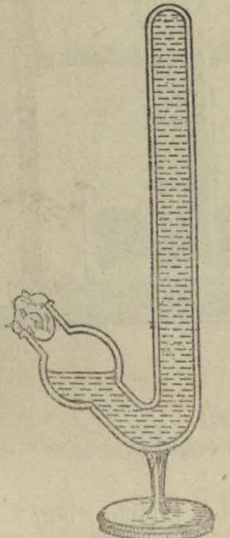


ক খ

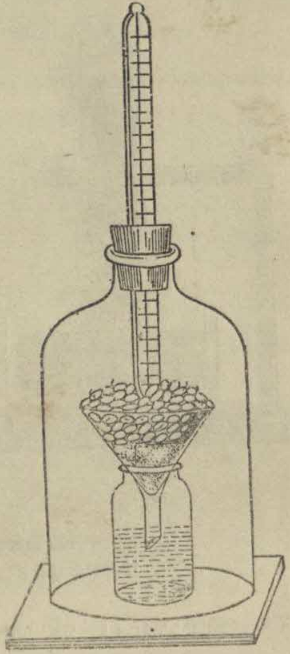
৬০নং চিত্র—অবাত শ্বাসকার্য :
(ক) পরীক্ষার পূর্বে ; (খ) পরীক্ষার পরে

টিউবের মধ্যে প্রবেশ করাও। দুই-এক দিন পরে দেখিবে, পারদস্তম্ভ নীচে নামিয়া গিয়াছে ও টেস্ট-টিউবের উপরিভাগ গ্যাসদ্বারা পূর্ণ হইয়াছে। এইবার একটি কস্টিক পটাশের টুক্‌রা টেস্ট-টিউবের মধ্যে প্রবেশ করাও। দেখিবে, গ্যাস শোষিত হইয়াছে এবং টেস্ট-টিউবটি পুনরায় পারদে পূর্ণ হইয়াছে। ইহা হইতে জানা যায় নিষ্কাশিত গ্যাস কার্বন ডাই-অক্সাইড ব্যতীত আর কিছুই নহে।

৩৪নং পরীক্ষা ঃ *Kuhene's fermentation vessel* (কুনের সন্ধানপাত্র ৬৯নং চিত্র)—ইহা একটি বক্রাকার কাচের নল যাহার একটি বাহু দীর্ঘ এবং উপরিভাগে আবদ্ধ এবং অপর ক্ষুদ্রাকার বাহুর অগ্রভাগে একটি বাল্‌ব্ আছে যাহার মুখ উন্মুক্ত। ইহার দীর্ঘ বাহু হইতে বায়ু সম্পূর্ণরূপে অপসারণ করিয়া 10% গ্লুকোজ দ্রবণ দ্বারা পূর্ণ কর এবং বাল্‌বের মধ্য দিয়া ইহাতে কিছু মল্টোজ গুঁড়া মিশ্রিত কর। বাল্‌ব্‌টির মুখ তুলা দিয়া বন্ধ করিয়া কয়েক ঘণ্টা রাখিয়া দাও। দেখিবে যে, দীর্ঘ বাহুতে এক প্রকার গ্যাস নির্গত হইয়া গ্লুকোজ দ্রবণ নিম্নে অপসারণ করিয়া সঞ্চিত হইয়াছে। এখন উহার মধ্যে একটি কস্টিক পটাশ দণ্ড প্রবেশ করাইয়া সাবধানে নাড়িতে থাক। দেখিবে যে, দীর্ঘ বাহু পুনরায় গ্লুকোজ দ্রবণ দ্বারা পূর্ণ হইবে। ইহা হইতে প্রমাণিত হয় যে, গ্লুকোজ দ্রবণ সন্ধানের ফলে কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত করে।



৬৯নং চিত্র—কুনের সন্ধানপাত্র



৭০নং চিত্র—শ্বাসকার্যের সময় তাপের বিকাশ

৩৫নং পরীক্ষা : *Heat evolved during respiration* (শ্বাসকার্যে তাপের বিকাশ ঃ (৭০নং চিত্র)—একটি কাচের বীকার লও। ইহার তিন-

চতুর্থাংশ জলে পূর্ণ কর এবং উহার উপরে একটি ফানেল এরূপভাবে রাখ, যাহাতে ইহার নল সম্পুর্ণ জলে ডুবিয়া থাকে। এখন একটি ফিল্‌টার কাগজ ভাঁজ করিয়া ফানেলের ভিতরে এরূপভাবে রাখ যাহাতে ইহা সহজে বীকারের জল শোষণ করিয়া ভিজা থাকে। এইবার ফানেলটি কতকগুলি ভিজা বীজদ্বারা পূর্ণ কর এবং ফানেল-সমেত বীকারটি একটি বেলজারের ভিতরে রাখ; বেলজারের উপরিস্থ কর্কের ভিতর দিয়া একটি thermometer (থার্মোমিটার) বীজগুলির মধ্যে প্রবেশ করাও। কয়েক ঘণ্টা পরে দেখিবে, থার্মোমিটারের পারদস্তম্ভ উপর দিকে উঠিয়াছে।

অষ্টম অধ্যায়

কার্বন আত্তীকরণ

(Carbon assimilation)

উদ্ভিদ কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জল হইতে রাসায়নিক বিক্রিয়া দ্বারা কার্বন-ঘটিত যৌগ পদার্থ বা কার্বোহাইড্রেট প্রস্তুত করে এবং উহাকে প্রোটোপ্লাজমে carbon assimilation (কার্বন আত্তীকরণ) বলে। সবুজ বর্ণের উদ্ভিদের ক্ষেত্রে কার্বোহাইড্রেট প্রস্তুত করিবার জন্য সূর্যালোকের প্রয়োজন হয় বলিয়া এই প্রক্রিয়াটিকে photosynthesis (সালোকসংশ্লেষ) বলে।

সালোকসংশ্লেষের সময় ক্লোরোফিলযুক্ত কোষগুলি আলোকশক্তি শোষণ করিয়া ইহাকে রাসায়নিক শক্তিতে পরিণত করে। এই শক্তি- রাসায়নিক বিক্রিয়া শেষে যে হেক্সোজ শর্করা গঠিত হয় তাহাতে potential energy বা স্থৈতিক শক্তিরূপে সঞ্চিত থাকে। ইহা যথা সময়ে kinetic energy বা গতিশক্তিতে পরিণত হইয়া উদ্ভিদের বিভিন্ন জৈবনিক কার্য সম্পাদনে অংশ গ্রহণ করে। অধিকন্তু রাসায়নিক বিক্রিয়ার শেষে অক্সিজেন by-produet বা উপজাত পদার্থরূপে নির্গত হয়। আলোকশক্তি photons (ফোটন) নামক অসংখ্য অতি সূক্ষ্ম পদার্থের সমষ্টি। এই সকল ফোটন ক্লোরোপ্লাস্টে আঘাত করিলে ইহারা ক্লোরোপ্লাস্টে শক্তি সঞ্চারিত করে। ইহার ফলে ক্লোরোপ্লাস্টে অবস্থিত রঞ্জক পদার্থগুলির ভৌত ও রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে। সালোকসংশ্লেষের সম্পূর্ণ বিক্রিয়াটিকে রাসায়নিক সংকেত দ্বারা সূচিত করা যায়।

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow[\text{ক্লোরোফিল}]{\text{আলোক শক্তি}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

উপরোক্ত সংকেত হইতে সহজেই বুঝা যায় যে মুক্ত অক্সিজেনের পরিমাণ এবং গৃহীত কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ প্রায় সমান। ইহাদের পরিমাণের এইরূপ অনুপাতকে অর্থাৎ $\left(\frac{O_2}{CO_2}\right)$কে photosynthetic quotient (সালোকসংশ্লেষ হার) অথবা P. Q. বলে।

Chlorophyll (ক্লোরোফিল)—পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, সালোকসংশ্লেষ প্রক্রিয়ায় ক্লোরোফিল বিশিষ্ট অংশ গ্রহণ করে। সালোকসংশ্লেষ প্রক্রিয়াটি বুঝিতে হইলে ক্লোরোফিলের গঠন সম্বন্ধে জ্ঞান থাকা প্রয়োজন। ইহা সংক্ষেপে নিম্নে বর্ণনা করা হইল :

সকল সবুজ বর্ণের উদ্ভিদেই ক্লোরোফিল পাওয়া যায়। Willstatter and Stoll (উইলস্টাটার ও স্টোল)-এর মতানুযায়ী ক্লোরোফিল প্রকৃতপক্ষে চারটি উপাদানের সমষ্টি, যথা, Chlorophyll-*a* (ক্লোরোফিল-এ) Chlorophyll-*b* (ক্লোরোফিল-বি), Carotene (ক্যারোটিন) ও Xanthophyll (জ্যান্থোফিল)। এই সকল উপাদানের মধ্যে প্রথম দুইট উপাদানই সবুজ বর্ণের এবং শেষোক্ত দুইটির মধ্যে ক্যারোটিন হইল কমলা-পীত বর্ণের ও জ্যান্থোফিল হইল পীত বর্ণের। সাধারণ সবুজ বর্ণের উদ্ভিদের ক্ষেত্রে এই সকল উপাদানের পরিমাণের বিশেষ তারতম্য হয় না। দেখা গিয়াছে যে, সবুজ বর্ণের উপাদানগুলি অন্যান্য বর্ণের তুলনায় প্রায় ওজনে দশগুণ অধিক থাকে।

ক্লোরোফিলের চারিটি উপাদান রাসায়নিক সংকেত দ্বারা নির্দেশ করিলে এইরূপ হইবে ; যথা—

ক্লোরোফিল-এ, $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$ অথবা $(MgN_4C_{32}H_{30}O)$
$(COOH_3)(COOC_{20}H_{34})$

ক্লোরোফিল-বি, $C_{55}H_{70}O_5N_4Mg$ অথবা $(MgN_4C_{32}H_{28}O_2)$
$(COOCH_3)(COOC_{24}H_{39})$

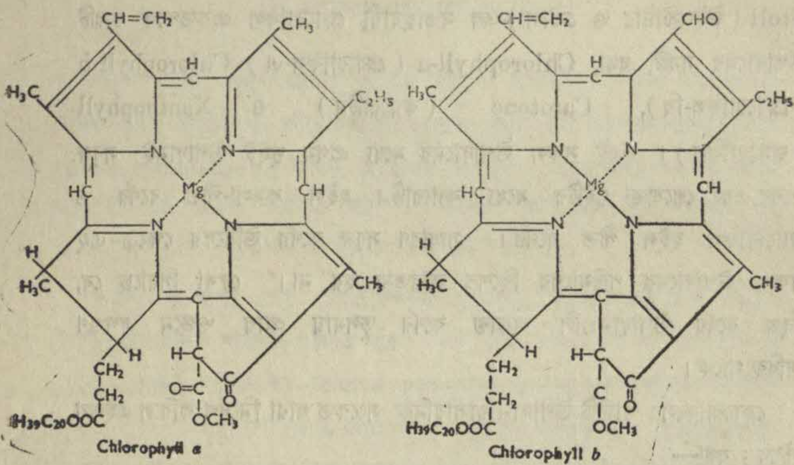
ক্যারোটিন, $C_{40}H_{59}$

জ্যান্থোফিল, $C_{40}H_{56}O_2$

উপরোক্ত সংকেত হইতে সহজেই বুঝা যায় যে, ক্লোরোফিল-বি হইল ক্লোরোফিল-এ-এর একটি জারণ অবস্থা এবং ক্যারোটিন জারিত হইয়া জ্যান্থোফিলের উৎপত্তি হইয়াছে।

উইলস্টাটারের মতে ক্লোরোফিলের একটি প্রধান উপাদান হইল ম্যাগনেসিয়ম কিন্তু পরে ইহা প্রমাণিত হইয়াছে যে, ক্লোরোফিলের সহিত cytochromes (সাইটোক্রোম) নামক এক প্রকার লৌহঘটিত পদার্থের বিশেষ সম্পর্ক রহিয়াছে। Fischer (ফিশ্চার) নির্দেশিত ক্লোরোফিল-এ ও ক্লোরোফিল-বি-এর গঠনমূলক সংকেত নিম্নে দেওয়া হইল (৭১নং চিত্র)।

Catalase (ক্যাটালেজ), *Cytochrome Oxydase* (সাইটোক্রোম অক্সিডেজ), Carboxylase (কার্বোক্সাইলেজ) প্রভৃতি বিভিন্ন প্রকার এনজাইম, সহ-এনজাইম প্রভৃতির উপস্থিতিতে ক্লোরোপ্লাস্টের অর্থাৎ ক্লোরোফিল-বহনকারী পদার্থের বিপাকীয় কার্য নিয়ন্ত্রিত হয়।



৭১নং চিত্র—ক্লোরোফিল-এ ও ক্লোরোফিল-বি-এর গঠন

ক্লোরোফিলের উৎপত্তি সম্বন্ধে বলা হইয়াছে যে, ইহা Protochlorophyll (প্রোটোক্লোরোফিল) নামক এক প্রকার পদার্থ হইতে গঠিত। প্রোটোক্লোরোফিলের রাসায়নিক গঠন হইতে জানা যায় যে, ইহাতে ক্লোরোফিলের তুলনায় দুইটি হাইড্রোজেনের পরমাণু কম থাকে। অতএব বলা যায় যে, প্রোটোক্লোরোফিল বিজারিত হইয়া ক্লোরোফিল গঠিত হইয়াছে।

অধুনা electron microscope (ইলেকট্রন অণুবীক্ষণ যন্ত্র)-এর সাহায্যে ক্লোরোপ্লাস্টের আকৃতি নির্ণয় করিয়া দেখা গিয়াছে যে, ইহা দুইটি স্তরের আবরণ দ্বারা বেষ্টিত (৭১নং চিত্র)। এই দ্বিস্তরবিশিষ্ট আবরণের মধ্যে অনেকগুলি যুগ্ম পদার্থ পরস্পর সমান্তরালভাবে অবস্থান করে। ইহাদিগকে lamellae (ল্যামেলী) বলে। ক্লোরোফিল এবং ইহার আনুষঙ্গিক রঞ্জক পদার্থগুলি এই ল্যামেলীতে সমভাবে অথবা কয়েকটি নির্দিষ্ট স্থানে একত্রিত হইয়া অবস্থান করে। যখন ইহারা কোনো নির্দিষ্ট স্থানে স্তরীভূত হইয়া জমা হয় তখন সমগ্র

স্তরটিকে granum (গ্র্যানাম) বলে। প্লাষ্টিডের সাধারণ মধ্যমটি প্রোটিনজাতীয় এবং ইহাকে stroma (স্ট্রোমা) বলে।

ক্লোরোফিলের বিভিন্ন রঞ্জক পদার্থের উপাদানগুলিকে ইথাইল কোহল, ক্লোরোফর্ম, বেনজিন, অ্যাসিটোন, কার্বন ডাই-সালফাইড প্রভৃতি রাসায়নিক পদার্থের প্রয়োগে পৃথক করা যায়। গাছের সবুজ অংশ ইথাইল কোহল দ্বারা উষ্ণ করিলে ইহা তরল অবস্থায় নিষ্কাশিত হয়। এখন সমপরিমাণ এই দ্রবণ ও বেনজিন একটি টেস্ট-টিউবের মধ্যে মিশ্রিত করিয়া, ঝাঁকাইয়া কিছুক্ষণ রাখিয়া দিলে দেখা যায় যে, ইহা দুইটি স্তরে পৃথক হয়—উপরের স্তরে ক্লোরোফিল-এ ও ক্লোরোফিল-বি বেনজিনে দ্রবীভূত থাকে এবং নীচের স্তরে ক্যারোটিন ও জ্যান্থোফিল কোহলে দ্রবীভূত থাকে।

ক্লোরোফিল-এ এবং ক্লোরোফিল-বি-এর দ্রবণে লোহিত বর্ণের fluorescence (স্ফুরজ্যোতি) দেখা যায় কিন্তু কোলয়ডীয় জলীয় দ্রবণে এইরূপ দেখা যায় না। ইথার ক্লোরোফিলের দ্রবণ 75° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় প্রায় 30 সেকেণ্ড ধরিয়া উত্তপ্ত করিলে অথবা প্রোটিওলিটিক এনজাইম প্রয়োগ করিলে দেখা যায় যে, ইহার স্ফুরজ্যোতি ক্ষমতা লোপ পাইয়াছে। ইহা হইতে প্রমাণিত হয় যে, ক্লোরোফিল হইল প্রোটিনজাতীয় পদার্থ।

ইথারে ক্লোরোফিলের দ্রবণকে দিবালোকে Spectroscope (বর্ণালী-বীক্ষণ) দ্বারা পর্যবেক্ষণ করিলে দেখা যায় যে, বর্ণালীতে নীলাভ বেগুনী অংশের শোষণ সর্বাধিক এবং তাহার পরে স্বল্প লোহিত অংশের স্থান। এই সকল শোষিত অংশগুলি বর্ণালীর নির্দিষ্ট অংশে কাল দাগ রূপে দেখিতে পাওয়া যায়।

Carotenoids (ক্যারোটিনয়েড)—ক্যারোটিনয়েড উদ্ভিদের বিভিন্ন প্রকার রঞ্জিত অংশ দেখিতে পাওয়া যায়। ইহা লোহিত, পীত, বাদামী প্রভৃতি বিভিন্ন বর্ণের হইতে পারে। ইহাদের মধ্যে সাধারণত carotene (ক্যারোটিন) এবং xanthophyll (জ্যান্থফিল) নামক এই দুই প্রকার ক্যারোটিনয়েড উদ্ভিদে দেখিতে পাওয়া যায়। ক্যারোটিন এবং জ্যান্থফিলের সহিত প্রোটিন নিবিড়ভাবে সন্নিবেশিত হইয়া জটিল ক্লোরোফিল-প্রোটিন উৎপন্ন করে। ক্যারোটিনয়েড ক্লোরোপ্লাস্টের ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্র অংশ হইলেও ইহারা সালোকসংশ্লেষে অংশ গ্রহণ করে না।

ক্যারোটিনয়েড অসংপৃক্ত এবং সহজেই জারণশীল রাসায়নিক পদার্থ।

ইহাদের ক্লোরোফর্ম, ইথাইল ইথার, কার্বন ডাই-সালফাইড প্রভৃতি দ্রবণের সাহায্যে উদ্ভিদ অংশ হইতে নিষ্কাশন করা যায় এবং ক্লোরোফিলের ন্যায় ইহাদের বিভিন্ন উপাদানে পৃথক করা যায়।

Anthocyanin, Anthocyanidin etc. (অ্যানথোসায়ানিন, অ্যানথোসায়ানিডিন প্রভৃতি): উপরি-উক্ত বিভিন্ন রঞ্জক পদার্থ ব্যতীত উচ্চশ্রেণীর উদ্ভিদের আরও কয়েক প্রকার জলে দ্রবণীয় লোহিত, পীত, নীল অথবা বেগুনী বর্ণের রঞ্জক পদার্থ দেখিতে পাওয়া যায়। ইহাদিগকে anthocyans (অ্যানথোসায়ান) বলে। ইহারা প্রধানত cell sap (কোষরস)-এ অবস্থান করে। অ্যানথোসায়ানকে অ্যাসিড, ক্ষার বা এনজাইম দ্বারা hydrolysis (আর্দ্রবিশ্লেষণ) করিলে ইহা anthocyanin (অ্যানথোসায়ানিন) নামক এক প্রকার বর্ণহীন শর্করাতে বা anthocyanidin (অ্যানথোসায়ানিডিন) নামক বর্ণযুক্ত অংশে বিশ্লিষ্ট হইয়া যায়।

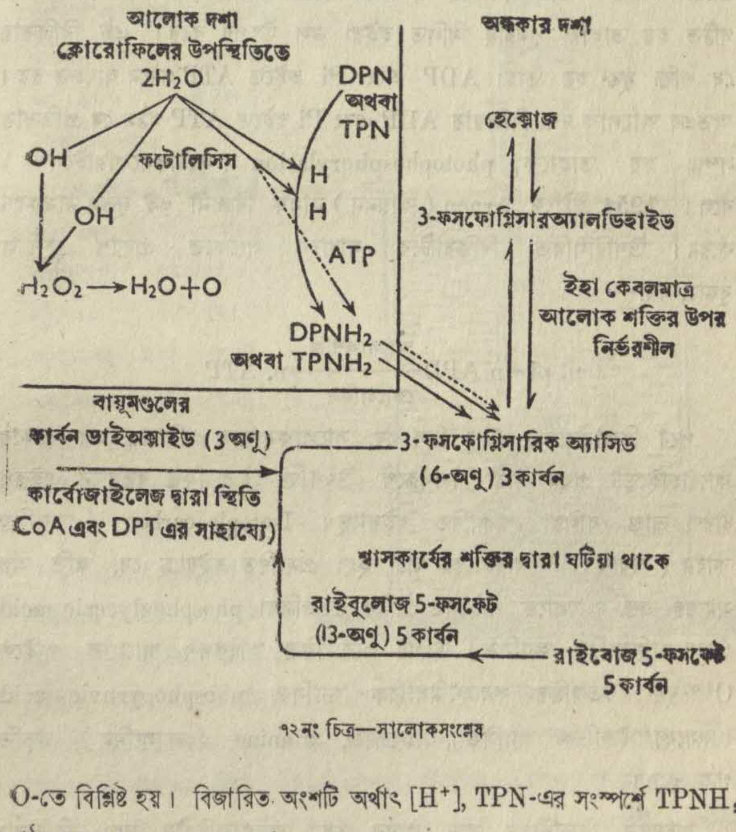
অ্যানথোসায়ান গঠনে অনেকগুলি কারণ আছে যাহার মধ্যে উষ্ণতা অন্যতম। 20°—30° সেন্টিগ্রেডের মধ্যে অত্যধিক অ্যানথোসায়ান উৎপন্ন হয়। উদ্ভিদের ফসফরাস এবং নাইট্রোজেনের অভাব হইলে অধিক পরিমাণে অ্যানথোসায়ান গঠিত হয়।

Mechanism of Photosynthesis (**সালোকসংশ্লেষ প্রক্রিয়া**)

সালোকসংশ্লেষ প্রক্রিয়া (৭২নং চিত্র) বুঝাইতে বহু মতবাদ প্রচলিত আছে। জৈবনিক ক্রিয়া নির্ণয় করিতে radioactive isotope (তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ) ব্যবহারের দ্বারা সালোকসংশ্লেষ প্রক্রিয়ায় নূতন আলোকপাত করা হইয়াছে। অধুনা বিজ্ঞানীগণ মনে করেন যে, সালোকসংশ্লেষ প্রক্রিয়ার দ্বারা যে প্রথম দর্শনীয় পদার্থটি উৎপন্ন হয় তাহা হইল এক প্রকার অ্যাসিড কিন্তু কখনই শর্করা নহে। Warburg (ওয়ারবুর্গ), Emerson (ইমারসন) প্রভৃতি বিজ্ঞানীগণ পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ করিয়াছেন যে, উদ্ভিদ অবিরাম অথবা মধ্যে মধ্যে বিরতির পর কোনো নির্দিষ্ট সময় ধরিয়া আলোক পাইলেও, উভয় ক্ষেত্রে প্রায় একই হারে সালোকসংশ্লেষ প্রক্রিয়াটি দুইটি দশার সমষ্টি। ইহাদের মধ্যে একটি দশা সম্পন্ন করিতে আলোক শক্তির প্রয়োজন হয় এবং ইহাকে light phase reaction (**আলোক দশা বিক্রিয়া**) বলে। অপর দশাতে আলোক শক্তির প্রয়োজন হয় না কিন্তু শ্বাসকার্যের দ্বারা উদ্ভূত শক্তির

সাহায্যে এই প্রক্রিয়া সম্পন্ন হয়। এই দশাকে dark phase reaction (**আলোকবিহীন দশা**) বলে। উপরিউক্ত দশাগুলিকে photochemical phase (**আলোক রাসায়নিক দশা**) এবং chemical phase (**রাসায়নিক দশা**) নামেও অভিহিত করা হয়।

জানা গিয়াছে যে, ক্লোরোফিলে অবস্থিত জলের অণু আলোকের উপস্থিতিতে $[H^+]$ এবং $[OH^-]$-এ বিশ্লিষ্ট হয়। এই বিক্রিয়াকে জলের photolysis (ফোটোলাইসিস) বলে। জারিত অংশটি অর্থাৎ $[OH^-]$ সম্ভবত হাইড্রোজেন পেরঅক্সাইড (H_2O_2) গঠন করে এবং ইহা জল (H_2O) এবং অক্সিজেন



৭২নং চিত্র—সালোকসংশ্লেষ

O-তে বিশ্লিষ্ট হয়। বিজারিত অংশটি অর্থাৎ $[H^+]$, TPN-এর সংস্পর্শে $TPNH_2$ গঠন করে।

আলোক দশা বলিতে প্রধানত বিজারণ বুঝায় এবং 1937 খ্রীষ্টাব্দে Robin Hill (রবিন হিল) নামক বিজ্ঞানী সর্বপ্রথম এই তথ্যের বাস্তবতা স্বীকার করেন।

তিনি দেখান যে, আলোকের উপস্থিতিতে ক্লোরোপ্লাস্টে উপযুক্ত বিজারণ পদার্থ (A) সরবরাহ করিলে ইহা অক্সিজেন উৎপাদন করে।

$$A + H_2O \xrightarrow[\text{ক্লোরোফিল}]{\text{আলোকশক্তি}} AH_2 + O_2$$

উপরি-উক্ত বিক্রিয়াকে Hill reaction (হিল বিক্রিয়া) বলে।

TPN-এর আলোক রাসায়নিক বিজারণে ADP এবং Pi (অজৈব ফসফেট অর্থাৎ H_3PO_4) হইতে ATP গঠন করিতে প্রচুর পরিমাণে আলোক শক্তির প্রয়োজন হয়। দেখা গিয়াছে যে, জলের ফোটোলাইসিসের ফলে যে সকল পদার্থ গঠিত হয় তাহারা পুনরায় মিলিত হইয়া জল উৎপন্ন করে। এই বিক্রিয়ায় যে শক্তি মুক্ত হয় তাহা ADP এবং Pi হইতে ATP গঠনে ব্যবহৃত হয়। অতএব আলোক দশা বিক্রিয়ায় ADP এবং Pi হইতে ATP গঠন যে প্রক্রিয়ায় সম্পন্ন হয় তাহাকে photophosphorylation (ফটোফসফোরাইলেশন) বলে। 1954 খ্রীষ্টাব্দে Arnon (আরনন) নামক বিজ্ঞানী এই নূতন নামকরণ করেন। উপরিলিখিত বিক্রিয়াটিকে সাধারণ সংকেতে প্রকাশ করিলে বুঝায়, যথা—

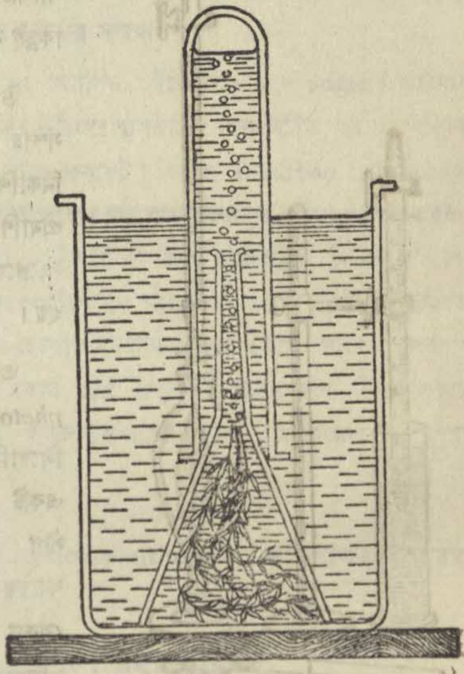
$$n.\ pi + n\ APD \xrightarrow[\text{ক্লোরোফিল}]{\text{আলোকশক্তি}} n.\ ATP$$

পূর্বে বিজ্ঞানীগণের ধারণা ছিল যে, সালোকসংশ্লেষ প্রক্রিয়ায় এক প্রকার কার্বোহাইড্রেট প্রথম স্থায়ী পদার্থরূপে উৎপত্তি হইত কিন্তু বর্তমানে এইরূপ ধারণা ভ্রান্ত বলিয়া পরিগণিত হইয়াছে। Isotopic carbon (তেজস্ক্রিয় কার্বন (অর্থাৎ C^{14} ব্যবহারের দ্বারা ইহা প্রমাণিত হইয়াছে যে, অতি অল্প সময়ের জন্য আলোকে পাইলেও উদ্ভিদ তেজস্ক্রিয়া phosphoglyceric acid (ফসফোগ্লিসারিক অ্যাসিড) উৎপন্ন করে কিন্তু অধিকক্ষণ আলোক পাইলে C^{14}-যুক্ত তেজস্ক্রিয় ফসফোগ্লিসারিক অ্যাসিড, phosphopyruvic acid (ফসফোপাইরুভিক অ্যাসিড), সুক্রোজ, alanine (অ্যালানিন) প্রভৃতি গঠন করে।

বর্তমানে বিজ্ঞানীগণ মনে করেন যে, আলোকবিহীন দশা বিক্রিয়ায় শ্বাসকার্য অথবা অন্যান্য বিপাকীয় ক্রিয়ার দ্বারা গঠিত পদার্থ 5-কার্বনযুক্ত ribose sugar (রাইবোজ-শর্করা)-তে পরিণত হয়। ইহা ATP-এর

সাহায্যে ফসফরাসযুক্ত হইয়া ribulose diphosphate (রাইবুলোজ ডাই-ফসফেট) উৎপন্ন করে। রাইবুলোজ ডাই-ফসফেট বায়ুস্থ কার্বন ডাই-অক্সাইডের সাহায্যে ক্রমে 6-কার্বনযুক্ত এক প্রকার ফসফরাস যৌগে পরিণত হয়। ইহা শীঘ্রই ATP-এর সহায়তায় ফসফরাসযুক্ত হইয়া 6-কার্বনযুক্ত ডাইফসফেটে পরিণত হয়। এই ডাইফসফেট স্থিতিশীল নয় এবং এই অতি ক্ষণস্থায়ী ডাইফসফেট শীঘ্রই ভাঙ্গিয়া যায়। ইহার ফলে দুই অণু phosphoglyceric acid (ফসফোগ্লিসারিক অ্যাসিড) উৎপন্ন হয়। পরবর্তী বিক্রিয়ায় ফসফোগ্লিসারিক অ্যাসিড ক্রমে বিজারিত হইয়া phosphoglyceraldehyde (ফসফোগ্লিসিরাল ডিহাইড)-এ পরিণত হয় এবং ইহাতে আলোক শক্তির প্রয়োজন হয়।

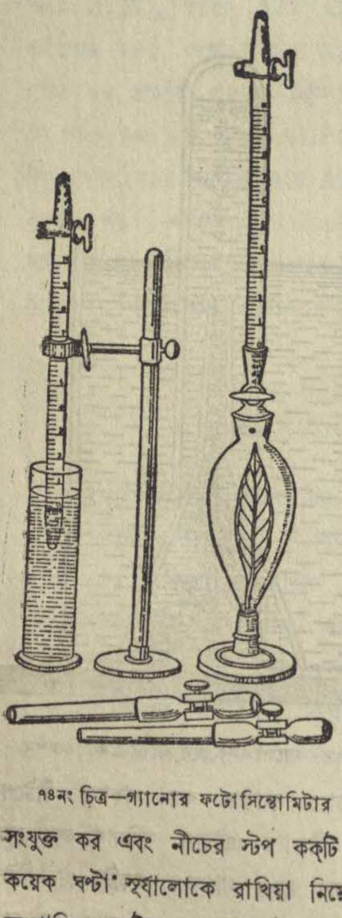
৩৬নং পরীক্ষা: *Evolution of oxygen during photosynthesis* (সালোক সংশ্লেষের সময় অক্সিজেনের নিষ্কাশন: ৭৩নং চিত্র)—একটি কাচের বীকার লও এবং ইহাতে জলজ উদ্ভিদ, যথা Hydrilla (হাইড্রিলা), Chara (কারা) প্রভৃতি কতকগুলি টাটকা বীটপ রাখ। এখন ইহাদিগকে একটি কাচের ফানেলের দ্বারা এরূপভাবে আবৃত কর যাহাতে বীটপের কাণ্ডগুলি উপরের দিকে থাকে। পরে বীকারে এইরূপ পরিমাণ জল ঢাল যাহাতে ফানেলের নলটি সম্পূর্ণ জলের মধ্যে থাকে। একটি টেস্ট-টিউব জলে পূর্ণ কর, ইহার মুখটিকে জলমধ্যস্থ ফানেলের নলের মধ্যে এইরূপে প্রবেশ করাও যাহাতে টেস্ট-টিউব হইতে জল বাহির হইয়া না যায়। এইবার



৭৩নং চিত্র—সালোকসংশ্লেষে অক্সিজেনের নিষ্কাশন

বীকারটিকে সূর্যালোকে রাখ। কিছুক্ষণ পরে দেখিবে যে, বীটপের কাণ্ডের প্রান্ত হইতে এক প্রকার গ্যাস নির্গত হইয়া টেস্ট-টিউবের জল অপসারণ করিয়া সঞ্চিত হইতেছে। কিছু পরিমাণ গ্যাস সংগৃহীত হইলে, টেস্ট-টিউবের মুখ আঙ্গুল দিয়া বন্ধ করিয়া বীকারটির বাহিরে আন। এখন শিখাহীন জলন্ত কাঠি ইহাতে প্রবেশ করাইলে দেখিবে যে, ইহা উজ্জ্বল শিখায় জলিয়া উঠিল। অধিকন্তু alkaline pyrogallate solution (বর্ণহীন ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট দ্রবণ)-এ গ্যাসটি শোষিত হইবে এবং দ্রবণটি বাদামী বর্ণে পরিণত হইবে। ইহা হইতে প্রমাণিত হয় যে, সংগৃহীত গ্যাসটি অক্সিজেন ব্যতীত আর কিছুই নহে।

উপরোক্ত পরীক্ষাটি অন্ধকারে সম্পন্ন করিলে দেখিবে যে, অক্সিজেন নিষ্কাশিত হয় না। ইহা হইতে প্রমাণিত হয় যে, উদ্ভিদের সালোক-সংশ্লেষের সময় অক্সিজেন নিষ্কাশিত হয়।


৭৪নং চিত্র—গ্যানোর ফটোসিন্থোমিটার

৩৭নং পরীক্ষা : *Ganong's photosynthometer* (গ্যানোর ফটো-সিন্থোমিটার : ৭৪নং চিত্র)—ইহা একটি কাচের বাল্‌ব্‌ এবং দুই প্রান্তে স্টপ ককযুক্ত একটি অংশাঙ্কিত কাচের নলের সমষ্টি। ৭৪নং চিত্রে যেরূপ দেখান হইয়াছে সেইরূপে বাল্‌বের মধ্যে একটি সবুজ পাতা লও। এখন অংশাঙ্কিত নলের উপরের স্টপ কক্‌টি বন্ধ করিয়া বাল্‌বের সহিত সংযুক্ত কর এবং নীচের স্টপ কক্‌টি খুলিয়া দাও। এইরূপ অবস্থায় যন্ত্রটিকে কয়েক ঘণ্টা সূর্যালোকে রাখিয়া নিম্নের স্টপ কক্‌টি বন্ধ করিয়া দাও। এখন অংশাঙ্কিত নলটিকে বাল্‌ব্‌ হইতে অপসারণ করিয়া ইহার নিম্নভাগ ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট দ্রবণে ডুবাইয়া নিচের স্টপ কক্‌টি খুলিয়া দাও। দেখিবে যে,

নিষ্কাশিত অক্সিজেন পাইরোগ্যালেট দ্রবণ কর্তৃক শোষিত হইবার ফলেই ইহা নলের উপরে উঠিয়াছে। বাল্‌বের মধ্যে পাতা না লইয়া উপরোক্ত পরীক্ষাটি সম্পন্ন করিলে দেখিবে যে, পাইরোগ্যালেট দ্রবণ অতি অল্পই উপরে উঠিয়াছে। ইহার কারণ, নলমধ্যস্থ বায়ুতে যে স্বল্প-পরিমাণ অক্সিজেন ছিল তাহা পাইরোগ্যালেট দ্রবণ কর্তৃক শোষিত হইবার ফলেই দ্রবণটি অতি অল্পই নলের উপরে উঠিয়াছে। অক্সিজেনের শোষণের তারতম্য হইতে সালোকসংশ্লেষের সময় নিষ্কাশিত অক্সিজেনের পরিমাণ নির্ণয় করা যায়।

Interrelationship between photosynthesis and respirstion (সালোকসংশ্লেষ ও শ্বাসকার্যের সম্বন্ধ)

সালোকসংশ্লেষের সমব জৈব অ্যাসিড হইতে যে ribose sugar (রাইবোজ শর্করা) উৎপন্ন হয় তাহা প্রধানত উদ্ভিদের শ্বাসকার্যের ফলে গঠিত হয়। অধিকন্তু ribose phosphate (রাইবোজ ফসফেট) হইতে 6-carbon phosphate (6-কার্বন ফসফেট) প্রস্তুত হয় তাহার জন্য শ্বাসকার্যজনিত শক্তির প্রয়োজন হয়। Glycolysis গ্লাইকোলিসিস) প্রক্রিয়ায় বিপরীত রাসায়নিক বিক্রিয়ার দ্বারা phosphoglyceric acid (ফসফোগ্লিসারিক অ্যাসিড) হেক্সোজ শর্করাতে পরিণত হয় এবং অন্তর্বর্তী পদার্থগুলিও হেক্সোজ শর্করাতে পরিণত হইতে পারে। অতএব দেখা যাইতেছে যে, উদ্ভিদের শ্বাসকার্য এবং সালোকসংশ্লেষের মধ্যে নিকট সম্পর্ক আছে। শাসকার্য না হইলে সালোকসংশ্লেষের সময় আলোকবিহীন দশা সম্পূর্ণ হওয়া সম্ভব নহে।

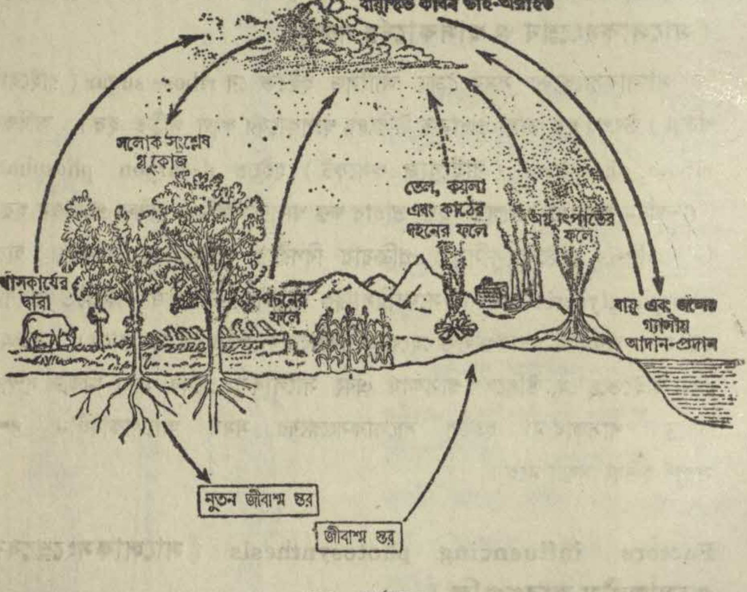
Factors influencing photosynthesis (সালোকসংশ্লেষের প্রয়োজনীয় কারণগুলি)

A. EXTERNAL FACTORS (বহিস্থ কারণ)

1. *Carbon dioxide* (কার্বন ডাই-অক্সাইড)—উদ্ভিদ বায়ুমণ্ডল হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্রহণ করে। জীবনধারণের জন্য কার্বন একান্ত আবশ্যক। ইহা খাদ্যের একটি বিশিষ্ট উপাদান। শ্বাসকার্যের সময় খাদ্য হইতে যে শক্তি সঞ্চারিত হয় তাহা জীবকে কার্যকরী রাখে।

সজীব প্রাণী অবিরত শ্বাসকার্য করিতেছে। ইহারা প্রশ্বাসের সময় বায়ুমণ্ডল হইতে যে অক্সিজেন গ্রহণ করে তাহা দেহমধ্যস্থিত কার্বনের সহিত মৃদু দহনের

ফলে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করিতেছে। এই কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস নিশ্বাসের সময় বায়ুতে পরিত্যক্ত হইতেছে। কাঠ, কয়লা, মোম প্রভৃতি কার্বন-ঘটিত পদার্থগুলির দহনে বায়ুর কিছু পরিমাণ অক্সিজেন খরচ হইয়া যায় এবং তৎপরিবর্তে উহাতে কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ বাড়িয়া যায়। আগ্নেয়গিরি হইতে অগ্নুৎপাতের সময় প্রচুর কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস বায়ুমণ্ডলে মিশিয়া যায়। আবার জীবজন্তুর মৃতদেহ পচিবার সময় কিছু পরিমাণ কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হইয়া বায়ুমণ্ডলে মিশে। সুতরাং উক্ত প্রকার ক্রিয়াগুলির ফলে



৭৫নং—কার্বনচক্র

বায়ুমণ্ডলের অক্সিজেনের পরিমাণ কমিয়া যাইতেছে এবং কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ বাড়িয়া বায়ুমণ্ডল দূষিত হইয়া পড়িতেছে। কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে কোন জীব বাঁচিতে পারে না। সুতরাং স্বভাবতই ইহাতে সকল জীব অচিরে মরিয়া যাইবে। কিন্তু তাহা হয় না, কারণ প্রকৃতিতে পাশাপাশি আর একটি ব্যাপার ঘটিতেছে।

ইহা অবিদিত নহে যে, উদ্ভিদদেহে, বিশেষত পাতায়, ক্লোরোফিল নামক এক প্রকার সবুজ রং আছে। যখন সূর্যালোক পাতার উপর পড়ে তখন

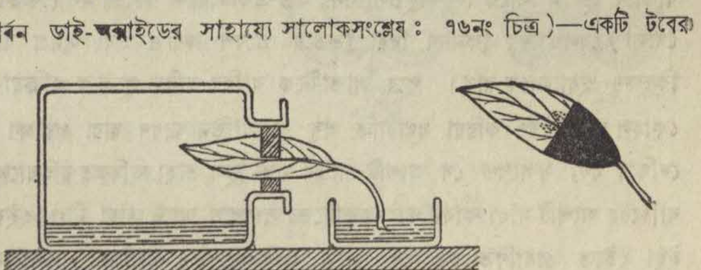
stomate (পত্ররন্ধ্রগুলি) খুলিয়া যায়। তখন বায়ুসমেত কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস পাতার মধ্যে প্রবেশ করে। উদ্ভিদ মাটি হইতে মূলরোম দ্বারা জল শোষণ করে। ক্লোরোফিল ও সূর্যালোকের উপস্থিতিতে এই জল ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের নানাপ্রকার রাসায়নিক ক্রিয়া হইতে থাকে। ইহার ফলে, কার্বন হইতে খাদ্য প্রস্তুত হয় এবং অক্সিজেন গ্যাস পত্ররন্ধ্রের ভিতর দিয়া বাহির হইয়া বায়ুমণ্ডলে ফিরিয়া আসে।

উক্ত প্রকার বায়ুমণ্ডলের কার্বন ডাই-অক্সাইডও একটি চক্রের ন্যায় আবর্তন করিতেছে। জীবজন্তুর দেহের ভিতর কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হইয়া বায়ুমণ্ডলে মিশিতেছে ; আবার এই কার্বন ডাই-অক্সাইড উদ্ভিদের দেহের ভিতরে যাইয়া অক্সিজেনে পরিণত হইতেছে। এই প্রকারে বায়ুমণ্ডলে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেনের পরিমাণের সমতা বজায় থাকে। ইহাকেই প্রকৃতিতে oarbon cycle (**কার্বনচক্র**) বলে (৭৫নং চিত্র)।

সাধারণত পত্ররন্ধ্র এবং লেন্টিসেলের মধ্য দিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড উদ্ভিদদেহে প্রবেশ করে। কখনও কখনও ইহা ত্বকের মধ্য দিয়াও উদ্ভিদদেহে প্রবেশ করিতে পারে।

বায়ুতে যে পরিমাণ কার্বন ডাই-অক্সাইড থাকে তাহা 15-20 ভাগ বৃদ্ধি পাইলে সালোকসংশ্লেষ হারও সেই অনুপাতে বৃদ্ধি পায় কিন্তু ইহা অপেক্ষা অধিক হইলে সালোকসংশ্লেষ হারও হ্রাসপ্রাপ্ত হয় কারণ ইহা উদ্ভিদের পক্ষে বিষতুল্য।

৩৮নং পরীক্ষা : *Photosynthesis in presence of carbon dioxide* (কার্বন ডাই-অক্সাইডের সাহায্যে সালোকসংশ্লেষ : ৭৬নং চিত্র)—একটি টবের

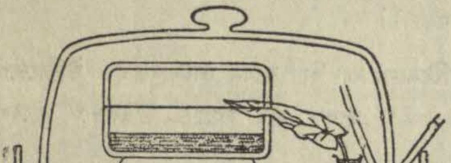


৭৬নং চিত্র—সালোকসংশ্লেষে কার্বন ডাই-অক্সাইডের আবশ্যকতা

উদ্ভিদকে একদিন অন্ধকারে রাখ, যাহাতে পাতাগুলি স্টার্চবিহীন হয়। একটি চওড়া মুখযুক্ত বোতল লইয়া উহার মুখটি একটি বিদীর্ণ ছিপি দ্বারা বন্ধ কর।

এখন পরের দিন প্রত্যূষে উপরোক্ত উদ্ভিদের একটি পাতা ছিঁড়িয়া লইয়া বিদীর্ণ ছিপির মধ্য দিয়া উহার অর্ধাংশ বোতলের মধ্যে প্রবেশ করাও। বোতলটি টেবিলের উপর শায়িত রাখ এবং উহার মধ্যে কিছু কষ্টিক পটাশের দ্রব্য লও। পত্রবৃন্তটিকে একটি ছোট কাচপাত্রের জলের মধ্যে ডুবাইয়া রাখ। এখন কিছুক্ষণের জন্য বোতলটিকে সূর্যালোকে রাখ। পরে পাতাটিকে বাহির করিয়া উষ্ণ কোহলে বিবর্ণ কর এবং লঘু আয়োডিনের দ্রবণের দ্বারা পরীক্ষা কর। দেখিবে, পাতার যে অংশ বোতলের মধ্যে ছিল তাহা নীলবর্ণে পরিণত হইয়াছে। ইহা হইতে জানিতে পারা যায়, কার্বন ডাই-অক্সাইড ব্যতীত সালোকসংশ্লেষ হয় না।

৩৯নং পরীক্ষা : *Moll's experiment* (মলের পরীক্ষা : ৭৭নং চিত্র) —পূর্বোক্ত প্রণালীতে একটি টবের গাছের পাতাগুলিকে স্টার্চবিহীন কর। একটি ঢাক্‌নিযুক্ত আয়তাকার পাত্রে কিছু কষ্টিক পটাশ দ্রবণ লও। সূর্যোদয়ের পূর্বে উক্ত গাছের একটি পাতাকে ছিঁড়িয়া উহার ফলকের অর্ধাংশ ইহাতে



৭৭নং চিত্র—মলের পরীক্ষা

রাখিয়া ঢাক্‌নিটি বন্ধ কর। এইরূপে আবদ্ধ পাত্রটিকে অপর একটি বড় জলপূর্ণ পাত্রে (৭৭নং চিত্রে যেরূপ দেখান হইয়াছে) রাখ এবং সমগ্র যন্ত্রটিকে একটি বড় বেলজার দ্বারা আবৃত কর। মনে রাখিতে হইবে যে, পত্রবৃন্তটি যেন একটি জলপূর্ণ বীকারে ডুবান থাকে। বায়ু চলাচলের জন্য একটি বাঁকা কাচের নল (উভয় দিক খোলা) বেলজারের কিনারা দিয়া ভিতরে প্রবেশ করাও এবং সমগ্র যন্ত্রটিকে কিছুক্ষণ সূর্যালোকে রাখ। পরে পাতাটিকে বাহির করিয়া পূর্বোক্ত প্রক্রিয়ায় উষ্ণ কোহল দ্বারা বিবর্ণ করিয়া যথারীতি লঘু আয়োডিন দ্রবণ দ্বারা পরীক্ষা কর। দেখিবে যে, ফলকের যে অংশটি পাত্রের মধ্যে ছিল তাহা অবিকৃত রহিয়াছে কিন্তু বাহিরের অংশটি যাহা কার্বন ডাই-অক্সাইডের সংস্পর্শে আছে তাহা নীল হইয়াছে। ইহা হইতে প্রমাণিত হয় যে, কার্বন ডাই-অক্সাইড ব্যতীত সালোকসংশ্লেষ হয় না।

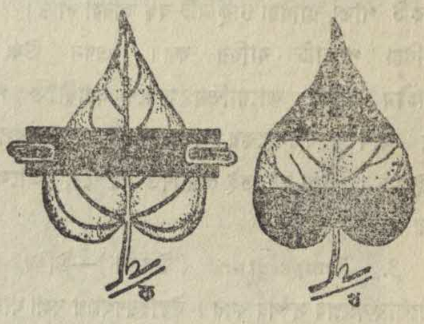
2. Light (আলোক)—সালোকসংশ্লেষ হার সাধারণত আলোকের তীব্রতা, প্রকৃতি এবং duration of light (আলোক কাল)-এর উপর নির্ভর করে।

আলোকের তীব্রতা বৃদ্ধি পাইলে নির্দিষ্ট সীমার মধ্যে সালোকসংশ্লেষ হারও বৃদ্ধি পায় কিন্তু আলোকের অত্যধিক তীব্রতায় সালোকসংশ্লেষ হ্রাসপ্রাপ্ত হয়। স্বল্প আলোকে পত্ররন্ধ্রের আকার ক্ষুদ্র হইয়া যায়, যাহার ফলে কার্বন ডাই-অক্সাইডের প্রবেশ তথা সালোকসংশ্লেষ হারও হ্রাসপ্রাপ্ত হইয়া থাকে। আলোকের অত্যধিক তীব্রতায় মেসোফিল কোষের জলের পরিমাণ কমিয়া যায় যাহার ফলে সালোকসংশ্লেষ হার স্বল্প হয়। ইহার আর একটি কারণ হইল যে. অত্যধিক তীব্রতাসম্পন্ন আলোকে ক্লোরোফিল বিশ্লিষ্ট হইয়া যায়। যে পরিমাণ আলোক উদ্ভিদের উপর পতিত হয় তাহার মধ্যে অধিক পরিমাণে অদৃশ্য infra red rays (অবলোহিত রশ্মি) প্রতিফলিত হইয়া যায়। আলোকের দৃশ্য বর্ণালীর মধ্যে প্রথমে লোহিত এবং তাহার পরে সবুজ রশ্মি প্রতিফলন সর্বাধিক।

সাধারণত আলোক কাল বৃদ্ধি পাইলে সালোকসংশ্লেষ হার বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়।

আলোক ব্যতীত সালোকসংশ্লেষ হয় না তাহা নিম্নোক্ত পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণ করা যায়ঃ

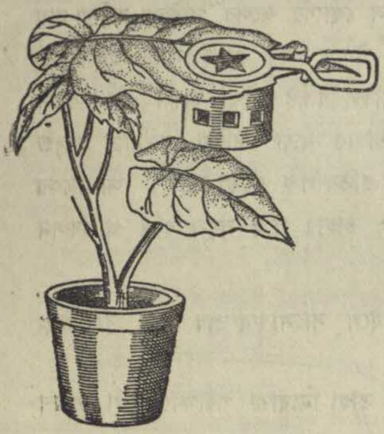
৪০নং পরীক্ষা : *Photosynthesis in presence of light* (আলোকের সাহায্যে সালোকসংশ্লেষ : ৭৮নং চিত্র)—একটি টবের গাছকে একদিন অন্ধকারে রাখ যাহাতে ইহা স্টার্চবিহীন হয়। পরের দিন প্রত্যুষে ইহার একটি পাতার মধ্যস্থলের কিছু অংশ একটি টিনের পাত দিয়া এইরূপভাবে আবৃত কর যাহাতে আলোক প্রবেশ করিতে না পারে। এইবার উদ্ভিদটিকে সূর্যালোকে রাখ। ঘণ্টা দুই পরে ঐ পাতাটি তুলিয়া টিনের পাত খুলিয়া ফেল এবং পরে উষ্ণ কোহলে রাখিয়া উহাকে বর্ণহীন কর। এই বিবর্ণ পাতাটিকে আয়োডিনের দ্রবণে কিছুক্ষণ রাখ। দেখিবে, মধ্যস্থলের যে অংশটি টিনের পাতা দ্বারা আবৃত ছিল তাহা সম্পূর্ণ অবিকৃত রহিয়াছে এবং পাতার অবশিষ্ট অংশ যাহা আলোকে ছিল, তাহা নীলবর্ণে



৭৮নং চিত্র—সালোকসংশ্লেষে আলোকের আবশ্যকতা

পরিণত হইয়াছে। ইহা হইতে জানিতে পারা যায়, আলোক ব্যতীত সালোক-সংশ্লেষ হয় না।

৪১নং পরীক্ষা—: *Ganong's light-screen* (গ্যানোর আলোক-পর্দা : ৭৯নং চিত্র)—গ্যানোর আলোক-পর্দা নামক যন্ত্রটি একটি গোলাকার দ্বি-প্রাচীর-বিশিষ্ট টিনের কৌটাবিশেষ যাহার মুখ একটি ঢাক্‌নি দ্বারা বন্ধ করা যায়। কৌটাটির গাত্রে কতকগুলি ছিদ্র আছে (চিত্রে যেরূপ দেখান হইয়াছে) এবং ভিতরের প্রাচীরের নিম্নভাগ উন্মুক্ত যাহাতে বাহির হইতে ভিতরে সহজেই বায়ু চলাচল করিতে পারে। ঢাক্‌নিটি কৌটার সহিত স্প্রিং দ্বারা যুক্ত এবং ইহার মধ্যস্থলে একটি নির্দিষ্ট আকারের ছিদ্র আছে। ঢাক্‌নিসমেত কৌটাটি কালো রং করা হইয়াছে। পূর্বোক্ত প্রণালীতে প্রস্তুত একটি স্টার্চবিহীন উদ্ভিদ লও। সূর্যোদয়ের পূর্বে কৌটার মুখে একটি পাতা রাখিয়া ঢাক্‌নিটি বন্ধ করিয়া দাও। কয়েক ঘন্টা এইরূপে সূর্যালোকে রাখিয়া পাতাটি বাহির কর। এখন উষ্ণ কোহল দ্রবণে পাতাটিকে বর্ণহীন করিয়া আয়োডিন দ্রবণে যথারীতি পরীক্ষা কর। দেখিবে, পাতার যে অংশ সূর্যালোকের সংস্পর্শে ছিল, কেবলমাত্র তাহাই নীলবর্ণে পরিণত হইয়াছে। ইহা হইতেই প্রমাণিত হয় যে, আলোক না পাইলে সালোকসংশ্লেষ হয় না।



৭৯নং চিত্র—গ্যানোর আলোক-পর্দা

3. *Temperature* (উষ্ণতা)—উদ্ভিদ বিভিন্ন উষ্ণতার সীমার মধ্যে সালোকসংশ্লেষ সম্পন্ন করে। উদাহরণস্বরূপ বলা যায় যে, কয়েক প্রকার শৈবাল 60° সেন্টিগ্রেডের অধিক উষ্ণতায়ও সালোকসংশ্লেষ সম্পন্ন করিতে সক্ষম ; কিন্তু আবার কতকগুলি উচ্চ পার্বত্য উদ্ভিদের ক্ষেত্রে ইহা 35° সেন্টিগ্রেডের নিম্নেও সংঘটিত হয়। সাধারণ সবুজবর্ণের উদ্ভিদের ক্ষেত্রে 30° সেন্টিগ্রেড হইতে 40° সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত উষ্ণতা বৃদ্ধি করিলে সালোকসংশ্লেষ হার বৃদ্ধি পায় কিন্তু ইহার অধিক উষ্ণতায় প্রোটোপ্লাজমের কার্যক্ষমতা ক্রমে হ্রাস পায় বলিয়া সালোকসংশ্লেষ হারও ব্যাহত হয়।

4. Water (জল)—সালোকসংশ্লেষ সম্পন্ন করিতে উদ্ভিদের অতি স্বল্প পরিমাণ জলের প্রয়োজন। দেখা গিয়াছে যে, পাতার জলের পরিমাণ হ্রাস পাইলে সালোকসংশ্লেষ হারও হ্রাসপ্রাপ্ত হয়।

5. Oxygen (অক্সিজেন)—বায়ুতে অক্সিজেনের পরিমাণ বৃদ্ধি পাইলে সালোকসংশ্লেষ হার ব্যাহত হয়। ইহার কারণ সালোকসংশ্লেষ প্রক্রিয়ায় এনজাইমগুলি অধিক মাত্রায় অক্সিজেন পাইলে বিপরীতমুখী রাসায়নিক ক্রিয়া সম্পাদন করে।

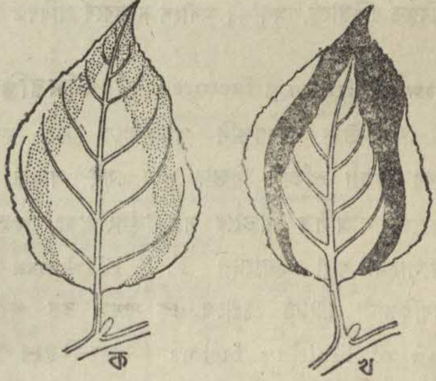
6. Toxic substances (বিষাক্ত পদার্থ)—ইথার, ক্লোরোফর্ম অ্যামোনিয়া-ঘটিত লবণ, হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিড ইত্যাদি অতি অল্প পরিমাণ ব্যবহার করিলে সালোকসংশ্লেষ হারের ব্যাঘাত ঘটে।

B. INTERNAL FACTORS (**অন্তস্থ কারণ**)

1. Chlorophyll (ক্লোরোফিল)—ইহা পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণিত হইয়াছে যে, পাতার ক্লোরোফিলের পরিমাণের সহিত সালোকসংশ্লেষ হারের কোনো সম্বন্ধ নাই। প্রতি এক গ্রাম ক্লোরোফিলে প্রতি ঘণ্টায় যে পরিমাণ কার্বন ডাই-অক্সাইড শোষিত হয় তাহাকে photosynthetic number (সালোকসংশ্লেষ সংখ্যা) বলে।

সালোকসংশ্লেষের জন্য যে ক্লোরোফিলের প্রয়োজন হয় তাহা নিম্নের পরীক্ষার দ্বারা বুঝান হইয়াছে ; যথা—

৪২নং পরীক্ষা : (৮০নং চিত্র)—একটি variegated বা বিচিত্র বর্ণের পত্রযুক্ত টবের গাছ (যথা, কোলিয়াস্ বা ক্রোটন লও)। এখন একটি পাতা নির্বাচন করিয়া উহার কোন্ কোন্ স্থানে সবুজ অংশ আছে তাহা লক্ষ্য কর। এইবার গাছটিকে কয়েক

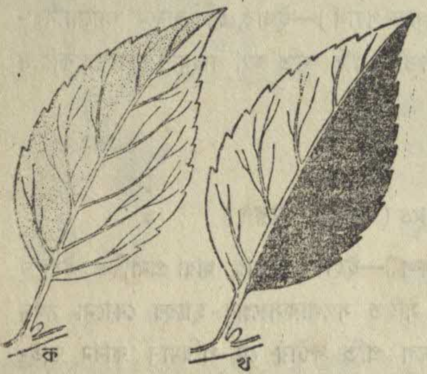


৮০নং চিত্র—সালোকসংশ্লেষে ক্লোরোফিলের আবশ্যকতা

ঘন্টা সূর্যালোকে রাখিয়া পাতাটি গাছ হইতে ছিন্ন কর। ইহাকে কোহলে বিবর্ণ কর এবং লঘু আয়োডিনের দ্রবণের দ্বারা পরীক্ষা কর। দেখিবে, পাতার সবুজ অংশগুলিই নীলবর্ণ হইয়াছে; অপর অংশগুলি সম্পূর্ণ অবিকৃত রহিয়াছে। ইহা হইতে জানিতে পারা যায় যে, ক্লোরোফিল ব্যতীত সালোকসংশ্লেষ হয় না।

2. *Opened condition of stomata* (পত্ররন্ধ্রের উন্মোচন)

৪৩নং পরীক্ষা : পত্ররন্ধ্রের সাহায্যে সালোকসংশ্লেষ (৮১নং চিত্র)—পূর্বোক্ত পরীক্ষাগুলির মত একটি টবের গাছের পাতাগুলি স্টার্চবিহীন কর। একটি পাতার উপর ও নীচের তলের অর্ধেক অংশে ভ্যাসেলিন লেপন কর। এখন উদ্ভিদটিকে সূর্যালোকে রাখ। ঘন্টা দুই পরে পাতাটি ছিন্ন করিয়া উষ্ণ কোহলে বিবর্ণ কর ও লঘু আয়োডিনের দ্রবণের দ্বারা পরীক্ষা কর। দেখিবে যে, পাতার উভয় তলের যে অর্ধেক অংশে ভ্যাসেলিন লেপন করা হইয়াছিল, তাহা সম্পূর্ণ অবিকৃত রহিয়াছে, অবশিষ্ট অর্ধাংশ নীলবর্ণে পরিণত হইয়াছে।



৮১নং চিত্র—উন্মুক্ত পত্ররন্ধ্রের সাহায্যে সালোকসংশ্লেষ

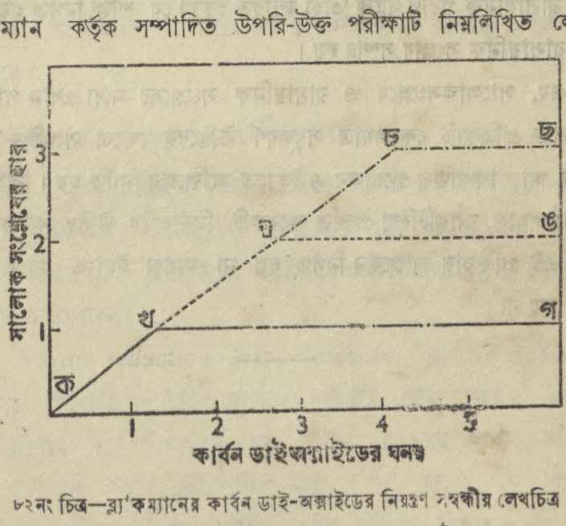
Law of limiting factors (কারণ-নিয়ন্ত্রিত সূত্র)

উপরি-উক্ত কারণগুলি পৃথকভাবে ক্রিয়া করিলে তাহা সালোকসংশ্লেষের উপর কিরূপ প্রভাব বিস্তার করে সেই সম্বন্ধে পূর্বেই বলা হইয়াছে। এখন উহাদের সম্মিলিত প্রভাবে সালোকসংশ্লেষের কিরূপ পরিবর্তন হইবে সেই সম্বন্ধে আলোচনা করা হইয়াছে। F. F. Blackman (এফ. এফ. ব্ল্যাকম্যান) নামক জীববিজ্ঞানী 1905 খ্রীষ্টাব্দে এই সম্বন্ধে বহু পরীক্ষা করেন এবং অবশেষে Law of limiting factors (কারণ-নিয়ন্ত্রণ সূত্র) নির্ণয় করেন। তাঁহারই নামানুসারে ইহাকে Blackman's law of limiting factors (ব্ল্যাকম্যানের কারণ-নিয়ন্ত্রণ সূত্র) বলা হয়। তাঁহার সূত্রটি হইল—যখন কতকগুলি দ্রুত

ক্রিয়াশীল কারণ কোনো প্রক্রিয়ায় একত্রে ক্রিয়া করে তখন ঐ প্রক্রিয়ার হার সর্বাপেক্ষা মন্থর কারণের গতির উপর নির্ভর করে।" এই সূত্রটি বুঝিতে ব্ল্যাকম্যান সম্পাদিত পরীক্ষাটি উদ্ধৃত করা হইল। এখানে আলোক এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড এই দুইটি কারণ একত্রে ক্রিয়া করিলে সালোকসংশ্লেষের উপর কিরূপ প্রভাব বিস্তার করিবে তাহাই দেখান হইয়াছে।

এমন একটি উদ্ভিদ লওয়া হইল যাহা কোনো নির্দিষ্ট আলোকের তীব্রতায় প্রতি ঘণ্টায় 10 মিলিগ্রাম CO_2 গ্রহণে সক্ষম। এইরূপ অবস্থায় ইহাতে প্রতি ঘণ্টায় এক মিলিগ্রাম করিয়া CO_2 প্রবেশ করান হইতেছে। দেখা যাইবে যে, সালোকসংশ্লেষ হার কার্বন ডাই-অক্সাইডের ঘনত্বের দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হইতেছে। এখন কার্বন ডাই-অক্সাইডের ঘনত্ব 10 মিলিগ্রাম পর্যন্ত বর্ধিত করিলে সালোকসংশ্লেষ হারও সেই অনুপাতে বৃদ্ধি পাইবে; কিন্তু কার্বন ডাই-অক্সাইডের ঘনত্ব 10 মিলিগ্রামের অধিক হইলে সালোকসংশ্লেষ হার আর বৃদ্ধি পাইবে না। অতএব আলোকের তীব্রতা একটি নিয়ন্ত্রিত কারণ। এখন সালোকসংশ্লেষ হার বর্ধিত করিতে হইলে আলোকের তীব্রতাকে বর্ধিত করিতে হইবে।

ব্ল্যাকম্যান কর্তৃক সম্পাদিত উপরি-উক্ত পরীক্ষাটি নিম্নলিখিত লেখচিত্রের



৮২নং চিত্র—ব্ল্যাকম্যানের কার্বন ডাই-অক্সাইডের নিয়ন্ত্রণ সম্বন্ধীয় লেখচিত্র

দ্বারা (৮২নং চিত্র) সহজেই বুঝান হইয়াছে। লেখটি abscissa (ভুজ), কার্বন ডাই-অক্সাইডের ঘনত্ব এবং ordinate (কোটি) সালোকসংশ্লেষ হার নির্দেশ করে। এই ক্ষেত্রে আলোকের তীব্রতা সমান রাখিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডের ঘনত্ব যথাক্রমে 1-2%, 2-3% ইত্যাদি ক্রমে বর্ধিত করা হইল। দেখা

যাইবে, যতক্ষণ এই নির্দিষ্ট তীব্রতাসম্পন্ন আলোকের জন্য যে পরিমাণ কার্বন ডাই-অক্সাইডের প্রয়োজন তাহা ব্যবহৃত হইতেছে ততক্ষণ সালোকসংশ্লেষ হার বর্ধিত হইতেছে। ইহা লেখর **খ**-বিন্দু নির্দেশ করে। কিন্তু কার্বন ডাই-অক্সাইডের ঘনত্ব ইহার অধিক হইলে দেখা যাইবে যে সালোকসংশ্লেষ হার আর বৃদ্ধি পাইতেছে না অর্থাৎ লেখর **খ**-বিন্দু হইতে ভুজের সমান্তরাল হইবে। এখন আলোকের তীব্রতা দ্বিগুণ হইলে সালোকসংশ্লেষ হার লেখর **ঘ**-বিন্দু পর্যন্ত বর্ধিত হইয়া পরে ভুজের সমান্তরাল হইবে। অনুরূপে আলোকের তীব্রতা তিন গুণ বর্ধিত করিলে, লেখটি **চ**-বিন্দু পর্যন্ত যাইয়া পুনরায় ভুজের সমান্তরাল হইবে।

Chemosynthesis (রাসায়নিক সংশ্লেষ)

এমন কতকগুলি শৈবাল এবং ব্যাক্‌টিরিয়া আছে যাহারা অক্সিজেন নিষ্কাশন না করিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড বিজারিত করিতে সক্ষম, যাহার ফলে বিভিন্ন প্রকার জৈব পদার্থ ইহাদের দেহে সংশ্লিষ্ট হয়। ইহাতে আলোকশক্তির কোনো প্রয়োজন হয় না। এই প্রক্রিয়াকে *chemosynthesis* (রাসায়নিক সংশ্লেষ) বলে। এই প্রকার উদ্ভিদের দেহে হাইড্রোজেন সালফাইড, অ্যামোনিয়া প্রভৃতির যে-সকল রাসায়নিক পদার্থ থাকে তাহা জারিত হইয়া যে শক্তি নির্গত হয় তাহারই সাহায্যে রাসায়নিক সংশ্লেষ সম্পন্ন হয়।

অতএব, সালোকসংশ্লেষ ও রাসায়নিক সংশ্লেষের মধ্যে প্রধান পার্থক্য হইল যে প্রথমোক্ত প্রক্রিয়াটি কেবলমাত্র সবুজবর্ণ উদ্ভিদের ক্ষেত্রে সংঘটিত হয় এবং ইহার জন্য আলোকশক্তির প্রয়োজন ও ইহাতে অক্সিজেন নির্গত হয়; কিন্তু শেষোক্ত প্রক্রিয়াটি শৈবাল, ব্যাক্‌টিরিয়া প্রভৃতি কয়েকটি নিম্নশ্রেণীর উদ্ভিদ কর্তৃক সংঘটিত হয় এবং এই প্রক্রিয়ায় অক্সিজেন নির্গত হয় না অথবা ইহাতে আলোকশক্তিরও প্রয়োজন হয় না।

নবম অধ্যায়

নাইট্রোজেন আত্তীকরণ

(Nitrogen assimilation)

নাইট্রোজেন প্রোটোপ্লাজমের অতি প্রয়োজনীয় উপাদান। ইহা বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের সহিত রাসায়নিকভাবে যুক্ত হইয়া বিভিন্ন প্রকার প্রোটিন গঠন করে। এইরূপ প্রোটিন গঠনের প্রক্রিয়াকে *protein synthesis* (প্রোটিন সংশ্লেষ) বলে। যে প্রক্রিয়ার দ্বারা প্রোটোপ্লাজম কর্তৃক প্রোটিন গঠনে নাইট্রোজেন শোষিত হয় তাহাকে *nitrogen assimilation* (নাইট্রোজেন আত্তীকরণ) বলে।

নাইট্রোজেন-গঠিত যৌগিক পদার্থের মধ্যে উদ্ভিদ শুধু যে নাইট্রেট লবণের দ্রবণ শোষণ করে তাহাই নহে, উহারা নাইট্রাইট এবং অ্যামোনিয়া-ঘটিত লবণের দ্রবণও শোষণ করিতে সক্ষম। নাইট্রাইট লবণের শোষণ মৃত্তিকার *aeration* (বাতান্বয়নের) উপর এবং মৃত্তিকাস্থ কয়েক প্রকার ব্যাকটিরিয়ার উপর নির্ভর করে।

Protein synthesis (প্রোটিন সংশ্লেষ)

প্রোটিন সংশ্লেষ প্রধানত তিনটি ক্রমিক পর্যায়ে সংঘটিত হয়; যথা—(1) নাইট্রেট বিজারিত হইয়া অ্যামোনিয়া উৎপাদন; (2) amino acid (অ্যামাইনো অ্যাসিড) গঠন; (3) অ্যামাইনো অ্যাসিডের condensation (ঘনীভবন)-এর দ্বারা প্রোটিন উৎপাদন।

1. Nitrate reduction into ammonin (নাইট্রেট বিজারিত হইয়া অ্যামোনিয়া উৎপাদন)—উদ্ভিদ মূলদ্বারা নাইট্রেট শোষণ করে। এই নাইট্রেট উপরে উঠিবার পথে বিজারিত হয় অথবা কোষের মধ্যে সঞ্চিত হয়। উদ্ভিদের যে-সকল অংশে ক্লোরোফিল নাই (যথা, মূল) এবং ব্যাকটিরিয়ার ক্ষেত্রে সবাত শ্বাসকার্য হইতে নির্গত শক্তি নাইট্রেট বিজারণে সহায়তা করে। কিন্তু সবুজবর্ণের উদ্ভিদের ক্ষেত্রে নাইট্রেট বিজারণে শ্বাসকার্যের দ্বারা-নির্গত শক্তির কোনো প্রয়োজন হয় না; পরন্তু আলোক ইহাতে বিশিষ্ট অংশ গ্রহণ করে। এই ক্ষেত্রে নাইট্রেট হইতে কয়েক প্রকার মধ্যবর্তী পদার্থ

উৎপন্ন হয় যাহা সালোকসংশ্লেষের সময় উৎপন্ন মধ্যবর্তী পদার্থের সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়ার দ্বারা অ্যামাইনো অ্যাসিড অথবা কোনো নাইট্রোজেন-ঘটিত জৈব পদার্থ গঠন করে।

নিম্নলিখিত প্রণালী দ্বারা নাইট্রেট বিজারণ সংঘটিত হয়, যথা—নাইট্রেট→নাইট্রাইট→অ্যামোনিয়া দ্রবণ→অ্যামাইনো যৌগ→অ্যামোনিয়া। মনে রাখিতে হইবে যে, বিপরীত বিক্রিয়ার দ্বারা অ্যামোনিয়া হইতে নাইট্রাইট এবং নাইট্রাইট হইতে নাইট্রেট উৎপন্ন হইতে পারে কিন্তু ইহার জন্য *nitrosomonas* (নাইট্রোসোমোনাস) এবং *nitrobacter* (নাইট্রোব্যাক্টর) নামক দুইটি ব্যাক্টিরিয়ার প্রয়োজন হয়।

2. *Formation of amino acid* (অ্যাম্যাইনো অ্যাসিড গঠন)—উদ্ভিদে প্রায় 25 প্রকার অ্যামাইনো অ্যাসিড দেখিতে পাওয়া যায় এবং ইহাদের গঠনে প্রধানত dehydrogenase (ডিহাইড্রোজিনেজ)-এর অধীন এনজাইমগুলি ক্রিয়া করে। গ্লুটামিক অ্যাসিড হইল সকল প্রকার অ্যামাইনো অ্যাসিডের মধ্যে শ্রেষ্ঠ এবং উদ্ভিদের অন্যান্য অ্যামাইনো অ্যাসিডগুলি ইহা হইতে সৃষ্টি হয়। এইরূপ একটি অ্যামাইনো অ্যাসিড গঠন রাসায়নিক সংকেত দ্বারা নির্দেশ করা হইল—

$$\underset{\text{গ্লুটামিক অ্যাসিড}}{COOH.CHNH_2.CH_2.CH_2.COOH} + \underset{\text{পাইরুভিক অ্যাসিড}}{COOH.CO.CH_3}$$

$$-\underset{\alpha\text{-কিটোগ্লুটামিক অ্যাসিড}}{COOH.CO.CH_2CH_2.COOH} + \underset{\text{অ্যালানিন}}{COOH.CHNH_2.CH_3}$$

3. *Condensation of amino acid into protein* (অ্যামাইনো অ্যাসিডের ঘনীভবনের দ্বারা প্রোটিন উৎপাদন)—অ্যামাইনো অ্যাসিডের ঘনীভবনের দ্বারা প্রোটিন উৎপাদন প্রণালী সম্বন্ধে বিভিন্ন মতবাদ আছে। ইহাদের মধ্যে অধুনা প্রচলিত মতবাদটি নিম্নে বিবৃত হইল। প্রতি জীবিত কোষে পূর্বেকার প্রোটিন অণুগুলির pattern (নিদর্শন) বিদ্যমান থাকে যাহার উপর অ্যামাইনো অ্যাসিড সঞ্চিত হইয়া নূতন প্রোটিন গঠন করে। প্রতি কোষের নিউক্লীয়সে DNA অর্থাৎ deoxyribonucleic acid (ডি-অক্সি-রাইবোনিউক্লিক) অ্যাসিডের এক প্রকার সর্পিল অণু থাকে। যে প্রকার প্রোটিন উৎপন্ন হইবে ইহারা সেই message (বার্তার) অধিকারী। DNA অণুরগুলির কুণ্ডলী খুলিয়া দুইটি অংশে বিভক্ত হয়। নিউক্লীয়সে DNA-র সমতুল্য RNA

অর্থাৎ ribonucleic acid (রিবোনিউক্লিক অ্যাসিড)-এর অপর এক প্রকার অণু থাকে। DNA-র একটি অর্ধাংশের মধ্যে RNA অণুগুলি জুড়িয়া যায়। অতঃপর RNA অণুগুলিও বিভক্ত হয় এবং তখন ইহাকে messenger RNA (বার্তাবাহক RNA) বলে। বার্তাবাহক RNA এখন DNA-র বার্তা বহন করিয়া নিউক্লীয়স ত্যাগ করে এবং সাইটোপ্লাজমে প্রবেশ করে। ইহার সহিত অপর একটি RNA অণুর অংশ, যাহাকে transfer RNA (স্থানান্তরকরণ RNA) বলে, যুক্ত হইয়া একটি DNA-র ন্যায় অণু উৎপন্ন করে। ইহাই হইল প্রোটিন অণু।

Nitrogen fixation (নাইট্রোজেন স্থিতিকরণ)

যদিও বায়ুমণ্ডলে পর্যাপ্ত পরিমাণে নাইট্রোজেন আছে তথাপি অধিকাংশ উদ্ভিদ ইহা গ্রহণ করিতে পারে না। ইহারা মৃত্তিকাস্থ অথবা বায়ুমণ্ডলস্থিত নাইট্রোজেন বিভিন্ন যৌগিক পদার্থরূপে গ্রহণ করে। মৃত্তিকাস্থ নাইট্রোজেন সাধারণত নাইট্রাইট এবং নাইট্রেট এবং অ্যামোনিয়া লবণের দ্রবণ হিসাবে উদ্ভিদ গ্রহণ করে। *Azotobacter* (অ্যাজোটো-ব্যাক্টর), *Clostridium* (ক্লসট্রিডিয়ম) প্রভৃতি ব্যাক্‌টিরিয়া এবং *Nostoc* (নস্টক), *Anabaena* (অ্যানাবেনা) প্রভৃতি শৈবাল বায়ুমণ্ডল হইতে মুক্ত নাইট্রোজেন গ্রহণ করিতে সক্ষম।



৮৩নং চিত্র—
মূলের অন্যোন্যজীবত্ব

Leguminous plants (শিম্বিগোত্রের কতক-গুলি উদ্ভিদ) *Rhizobium* (রাইজোবিয়ম) নামক এক প্রকার ব্যাক্‌টিরিয়ার সাহায্যে মৃত্তিকাস্থ বায়ু হইতে free nitrogen (মুক্ত নাইট্রোজেন) গ্রহণ করিতে পারে। এই সকল উদ্ভিদের মূল এই প্রকার ব্যাকটিরিয়ার দ্বারা আক্রান্ত হয়। ইহার ফলে মূলের গাত্রে কতকগুলি nodules অর্বুদ : ৮৩নং চিত্র) উৎপন্ন হয়। এই সকল আবুদের মধ্যে ব্যাক্‌টিরিয়াগুলি বাস করে। ইহারাই মৃত্তিকাস্থ বায়ু হইতে নাইট্রোজেন শোষণ করিয়া দ্রবণীয় নাইট্রেট প্রস্তুত করে। ব্যাক্‌টিরিয়াগুলি এই নাইট্রেট

শিম্বিগোত্রীয় উদ্ভিদকে (যথা, মটর ইত্যাদি) সরবরাহ করে এবং শেষোক্ত প্রকার উদ্ভিদ ব্যাক্‌টিরিয়াগুলিকে কার্বোহাইড্রেট সরবরাহ করে। এইরূপ দুইটি বিভিন্ন উদ্ভিদ ঘনিষ্ঠভাবে বাস করিয়া পরস্পর উপকৃত হয়। এই প্রকার পরস্পর নির্ভরতাকে symbiosis (অন্যোন্যজীবিত্ব) বলে এবং উদ্ভিদদিগকে symboints (অন্যোন্যজীবী) বলে।

কোনো উর্বর জমিতে প্রতি বৎসর একই প্রকার ফসল জন্মাইলে সেই জমি অনুর্বর অর্থাৎ ফসল উৎপাদনের অনুপযুক্ত হইয়া পড়ে। কারণ ফসলগুলি পুষ্টিসাধনের জন্য উক্ত জমি হইতে ঐ ফসলের আবশ্যকীয় বিশেষ লবণ সংগ্রহ করে। সুতরাং উক্ত জমিতে উহার উপযোগী বিভিন্ন প্রকার ফসল চাষ করিতে হয়। প্রতি বৎসর জমিতে ভিন্ন ভিন্ন ফসল উৎপাদন করাকে rotation of crops (পর্যায়ক্রমিক চাষ) বলে। এক বৎসর অন্তর যদি একই জমিতে একবার করিয়া ধান, পাট, অড়হর, মুগ বা অন্য ফসল লাগান হয়, তাহা হইলে উহাকে দুই বৎসরের পর্যায় বলে। দুই বৎসর অন্তর যদি একই জমিতে উক্ত ফসল জন্মান যায়, তবে তাহাকে তিন বৎসরের পর্যায় বলে। তিন বৎসর অন্তর এইরূপ ফসল জন্মাইলে তাহাকে চারি বৎসরের পর্যায় বলে। মনে রাখিতে হইবে যে, চারি বৎসর অন্তর প্রত্যেক জমিকে পতিত রাখিতে হয়।

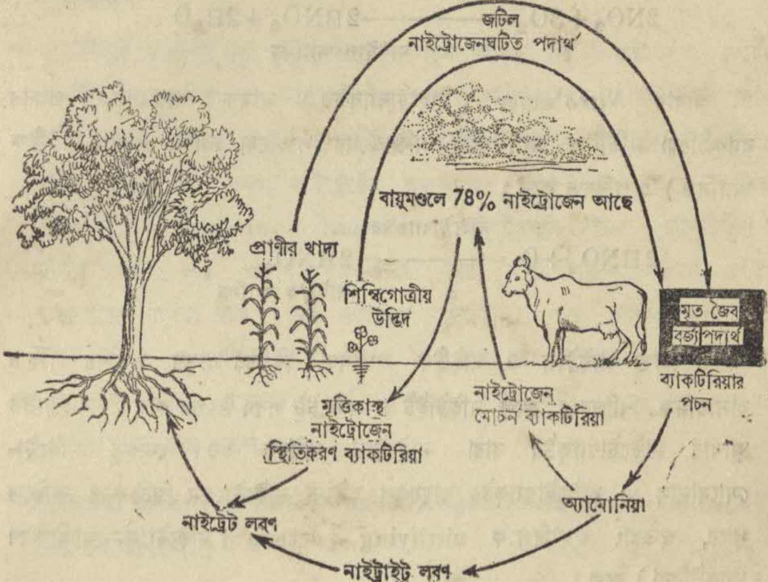
Nitrogen cycle (নাইট্রোজেন চক্র : ৮৪নং চিত্র)

জীবনধারণের জন্য কার্বনের মত নাইট্রোজেনও একান্ত আবশ্যক। বায়ুমণ্ডলে প্রচুর পরিমাণে (প্রায় 77%) নাইট্রোজেন থাকা সত্ত্বেও কোন উদ্ভিদ বা প্রাণী উহা হইতে নাইট্রোজেন সরাসরি গ্রহণ করিতে পারে না। উদ্ভিদ নাইট্রোজেনের বেশীর ভাগ অংশ মাটি হইতে সংগ্রহ করিয়া প্রোটিন বা নাইট্রোজেন-ঘটিত খাদ্য প্রস্তুত করে।

এখন দেখা যাউক, কি উপায়ে উদ্ভিদ তাহার প্রয়োজনীয় নাইট্রোজেন সংগ্রহ করে :

আকাশে electric discharge (বিদ্যুৎক্ষরণের) সময় যে প্রচণ্ড তাপ সৃষ্ট হয় তাহাতে বায়ুমণ্ডলস্থিত নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন রাসায়নিকভাবে যুক্ত হইয়া nitric oxide (নাইট্রিক অক্সাইড) গঠন করে। পরে উহা বায়ুর দ্বারা জারিত হয় এবং বৃষ্টির জলে দ্রবীভূত হইয়া nitric acid (নাইট্রিক

অ্যাসিড)-এ পরিণত হয়। যখন ইহা বৃষ্টির জলের সহিত মাটিতে পড়ে তখন নানাবিধ alkalies (ক্ষারক)-এর সহিত বিক্রিয়া ঘটাইয়া নানাবিধ নাইট্রেট



৮৪নং চিত্র—নাইট্রোজেন চক্র

লবণ উৎপন্ন করে। উদ্ভিদ মূলরোমের সাহায্যে এই নাইট্রেট লবণ গ্রহণ করে এবং তাহা হইতে প্রোটিনজাতীয় খাদ্য প্রস্তুত করে।

মাটির মধ্যে কয়েক প্রকার ব্যাক্‌টিরিয়া বা জীবাণু বাস করে। ইহারা দুই শ্রেণীতে বিভক্ত : কতকগুলি free living (মুক্ত) অবস্থায় থাকে এবং অপরগুলি শিম্বি-উপগোত্রীয় উদ্ভিদের মূলের অর্বুদের মধ্যে বাস করে। অ্যাজোটোব্যাক্‌টর ক্লসট্রিডিয়ম, নাইট্রোসোমোনাস ও নাইট্রোব্যাক্‌টর প্রথম শ্রেণীভুক্ত এবং রাইজোবিয়ম দ্বিতীয় শ্রেণীভুক্ত।

Azotobacter (অ্যাজোটোব্যাক্‌টর) নামক ব্যাক্‌টিরিয়া বায়ুস্থিত নাইট্রোজেনকে ammonia (অ্যামোনিয়া) ও amino acid (অ্যামাইনো অ্যাসিড)-এ পরিণত করে। *Clostridium* (ক্লসট্রিডিয়ম) নামক ব্যাক্‌টিরিয়াও উক্ত প্রকার কার্য করে। অ্যামোনিয়া মাটির জল ও অন্যান্য রাসায়নিক পদার্থের সংস্পর্শে আসিয়া নানাপ্রকার ammonium compounds (অ্যামোনিয়া-ঘটিত লবণ) উৎপন্ন করে। *Nitrosomonos* (নাইট্রোসোমোনাস) নামক ব্যাক্‌টিরিয়া

অ্যামোনিয়াকে অক্সিজেনের সাহায্যে nitrous acid (নাইট্রাস অ্যাসিড)-এ পরিণত করে :

$$2NO_3 + 3O_2 \xrightarrow{\text{নাইট্রোসোমোনাস}} \underset{\text{নাইট্রাস অ্যাসিড}}{2HNO_2} + 2H_2O$$

আবার *Nitrobacter* (নাইট্রোব্যাক্টর) নামক আর এক প্রকার ব্যাক্টিরিয়া নাইট্রাস অ্যাসিডকে অক্সিজেনের সাহায্যে nitric acid (নাইট্রিক অ্যাসিড)-এ পরিণত করে :

$$2HNO_2 + O_2 \xrightarrow{\text{নাইট্রোব্যাকটর}} \underset{\text{নাইট্রিক অ্যাসিড}}{2HNO_3}$$

উপরোক্ত নাইট্রাস ও নাইট্রিক অ্যাসিড বিভিন্ন ধাতুর লবণের সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে নাইট্রাইট ও নাইট্রেট লবণ উৎপন্ন করে। নাইট্রাইট আবার নাইট্রোব্যাক্টর দ্বারা নাইট্রেটে পরিণত হয়। যেহেতু নাইট্রোসোমোনাস ও নাইট্রোব্যাক্টর বায়ুমণ্ডল হইতে নাইট্রোজেন স্থিতিকরণ করিতে পারে, সুতরাং ইহাদিগকে nitrifying bacteria (নাইট্রোজেন-আত্তীকরণ ব্যাক্টিরিয়া) বলে।

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে অপর ব্যাক্টিরিয়া শিম্বি-উপগোত্রীয় উদ্ভিদের (যথা—ছোলা, মটর প্রভৃতি) মূলের অর্বুদের মধ্যে বাস করে। *Rhizobium* (রাইজোবিয়ম) নামক ব্যাক্টিরিয়া এই প্রকার। ইহারা ঐ সকল উদ্ভিদের মূলকে আক্রমণ করে। ইহারা ফলে মূলে nodule (অর্বুদ) বা গুটি উৎপন্ন হয়। রাইজোবিয়ম গুটির মধ্যে বাস করে। ইহা মাটির বাতাস হইতে নাইট্রোজেন গ্রহণ করে এবং পরে ইহাকে নাইট্রেটে পরিণত করিয়া উদ্ভিদদিগকে সরবরাহ করে। উদ্ভিদগুলি বিনষ্ট হইলে ব্যাক্টিরিয়াগুলি গুটি হইতে বাহির হইয়া মাটিতে মিশিয়া যায়। এই প্রকারে জমির নাইট্রেটের পরিমাণ বৃদ্ধি পায়।

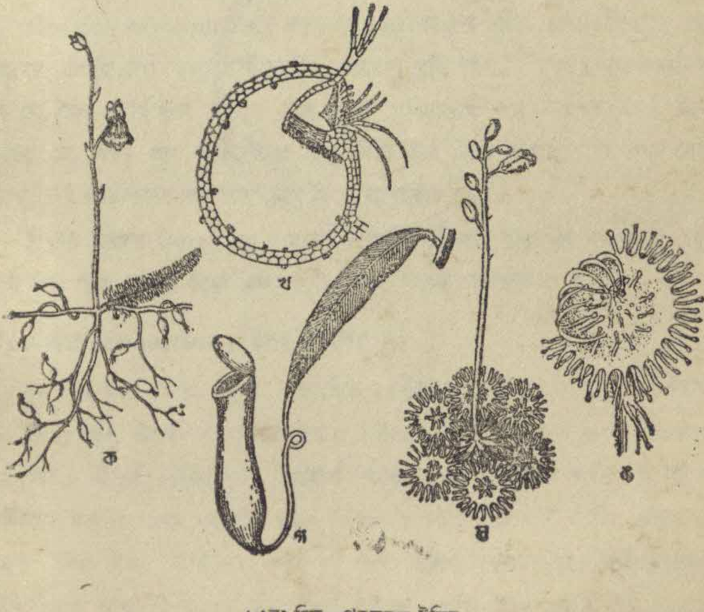
উপরোক্ত উপায়ে উদ্ভিদ নাইট্রোজেন সংগ্রহ করিয়া প্রোটিন বা নাইট্রোজেন-ঘটিত পদার্থ উৎপন্ন করে। প্রাণীরা কখনও বায়ুস্থিত নাইট্রোজেন আত্তীকরণ করিতে পারে না ; উহারা উদ্ভিদ হইতেই প্রোটিন সংগ্রহ করে।

এখন স্বভাবতই মনে হইতে পারে যে, উদ্ভিদ যখন ক্রমাগত বায়ুমণ্ডল হইতে নাইট্রোজেন সংগ্রহ করিয়া নাইট্রোজেন-ঘটিত খাদ্য প্রস্তুত করিতেছে, তখন অবশ্যই একদিন প্রাকৃতিক নাইট্রোজেন ভাণ্ডার নিঃশেষ হইয়া যাইবে।

কিন্তু বাস্তবিক তাহা হয় না। প্রকৃতিতে আর একটি প্রক্রিয়া পাশাপাশি চলিতেছে, যাহার ফলে নাইট্রোজেন উৎপন্ন হইয়া প্রকৃতির নাইট্রোজেনের সমতা রক্ষা করিতেছে।

উদ্ভিদ ও প্রাণীর মৃত্যু হইলে উহাদের পচন আরম্ভ হয়। এই সময় দেহের প্রোটিন অ্যামোনিয়া বা উহার যৌগ পদার্থে পরিণত হয়। এই সকল পদার্থ মাটির মধ্যস্থ বিভিন্ন প্রকার ব্যাক্‌টিরিয়ার সাহায্যে প্রথমে নাইট্রেটে পরিবর্তিত হইয়া যায়। এই সকল নাইট্রেটের কতকাংশ উদ্ভিদ গ্রহণ করে। কিন্তু অপরাংশ denitrifying bacteria (নাইট্রোজেন-মোচন ব্যাক্‌টিরিয়া) নামক আর এক প্রকার ব্যাক্‌টিরিয়া দ্বারা নাইট্রোজেনে পরিণত হইয়া বায়ুমণ্ডলে ফিরিয়া যায়। এই প্রকারে নাইট্রোজেন বায়ু হইতে অপসারিত হইয়া উদ্ভিদ ও প্রাণীর দেহে প্রবেশ করে এবং পরে ইহাদের ধ্বংস ও পচনের ফলে উহা আবার বায়ুমণ্ডলে ফিরিয়া আসে। ইহাকেই nitrogen cycle (নাইট্রোজেন চক্র) বলে।

Special means of obtaining nitrogen (নাইট্রোজেন সংগ্রহের বিশেষ প্রণালী)



৮২নং চিত্র—পতঙ্গভুক উদ্ভিদ

Insectivorous plant (পতঙ্গভুক উদ্ভিদ)—এই প্রকার উদ্ভিদ নানা প্রকার ফাঁদের সাহায্যে পতঙ্গ ধরিয়া তাহাদের দেহ হইতে নাইট্রোজেন সংগ্রহ করে; যথা—Pitcher plant (কলস উদ্ভিদ), Bladderwort (ঝাঁঝি), Sundew (সূর্যশিশির) প্রভৃতি (৮৫নং চিত্র)। মনে রাখিবে, যে স্থানে স্বল্প নাইট্রোজেন থাকে তথায় এই প্রকার উদ্ভিদ জন্মায়। ইহাদের সাধারণত মূল থাকে না অথবা মূল থাকিলে অতি স্বল্প পরিমাণে জন্মায়।

———

দশম অধ্যায়

খাদ্য সংবহন ও সঞ্চয়

(Translocation and storage)

উদ্ভিদের বৃদ্ধি, গঠন ও জনন কার্য উদ্ভিদ কর্তৃক প্রস্তুত জৈব খাদ্যের প্রকৃতি এবং বণ্টনের উপর নির্ভর করে।

1920 খ্রীষ্টাব্দে শারীরবিদগণ মনে করিতেন যে, দ্রবণীয় পদার্থ জাইলেমের মধ্য দিয়া ঊর্ধ্বে এবং প্রস্তুত খাদ্য ফ্লোয়েমের মধ্য দিয়া নিম্ন দিকে সংবাহিত হয়। Curtis (কার্টিস) নামক বিজ্ঞানী মনে করেন যে, শর্করা দ্রব ফ্লোয়েমের মধ্য দিয়া ঊর্ধ্বে এবং নিম্নে, উভয় দিকেই পরিচালিত হয়।

পদার্থের সংবহন সম্বন্ধে বহু মতবাদ প্রচলিত আছে। সাধারণভাবে বলা যায় যে, ফ্লোয়েমের মধ্য দিয়া জৈব পদার্থের দ্রবণ এবং জাইলেমের মধ্য দিয়া অজৈব পদার্থের দ্রবণ প্রবাহিত হয়।

Downward conduction (নিম্ন দিকে সংবহন)

Ringing experiments (বলয়-করণ পরীক্ষা)-র দ্বারা দেখা গিয়াছে যে, বলয়ের উপরিভাগে কার্বোহাইড্রেটের পরিমাণ বৃদ্ধি পায়। ইহা হইতে প্রমাণিত হয় যে, জৈব পদার্থ ঊর্ধ্ব হইতে নিম্ন দিকে পরিচালিত হয়। কেহ কেহ মনে করেন যে, যখন জল জাইলেমের মধ্য দিয়া ঊর্ধ্ব দিকে প্রবাহিত হয় তখন সেই সাথে জৈব খাদ্য উহার মধ্য দিয়া নিম্ন দিকে সংবাহিত হয়।

1935 খ্রীষ্টাব্দে Burr (বুর) নামক বিজ্ঞানী পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণ করেন যে, জৈব খাদ্য পাতা হইতে ঊর্ধ্বে এবং নিম্নে, উভয় দিকেই পরিচালিত হয়।

Upward conduction (ঊর্ধ্ব সংবহন)

বহু পরীক্ষার দ্বারা ইহা প্রমাণিত হইয়াছে যে, জাইলেম নালিকার মধ্য দিয়া জল ঊর্ধ্বে সংবাহিত হয়। Clements (ক্লিমেণ্টস) এবং Mason (ম্যাসন্) নামক বিজ্ঞানীদ্বয় প্রমাণ করেন যে, খনিজ লবণ জাইলেম নালিকার মধ্য দিয়া ঊর্ধ্বে বাহিত হয়। Curtis and Clark (কার্টিস ও ক্লার্ক) নামক বিজ্ঞানীদ্বয় জাইলেম নালিকা বন্ধ করিয়া দেখান যে, নাইট্রোজেন-ঘটিত জৈব খাদ্য ফ্লোয়েমের মধ্য দিয়া ঊর্ধ্বে পরিচালিত হয়। Hogland

(হোগল্যাণ্ড) নামক বিজ্ঞানী মনে করেন যে, খনিজ লবণের সংবহন প্রধানত জাইলেমের মধ্য দিয়া এবং কিছু অংশ ফ্লোয়েমের মধ্য দিয়া সংঘটিত হয়।

Lateral conduction (পার্শ্বীয় সংবহন)

Hogland (হোগল্যাণ্ড) পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণ করেন যে, জৈব খাদ্যের দ্রবণ জাইলেম নালিকা এবং ফ্লোয়েম হইতে পার্শ্বীয়ভাবে সংবাহিত হয়। উচ্চশ্রেণীর উদ্ভিদের ক্ষেত্রে, কাণ্ডের এক পার্শ্ব পত্রবিহীন করিলে দেখা যাইবে যে, ঐ পার্শ্ব পুষ্প এবং ফল ধারণ করে না। অতএব দেখা যাইতেছে যে, ঐ পার্শ্বে পার্শ্বীয় সংবহনের অভাব ঘটিয়াছে।

Mechanism of translocation (সংবহন প্রণালী)

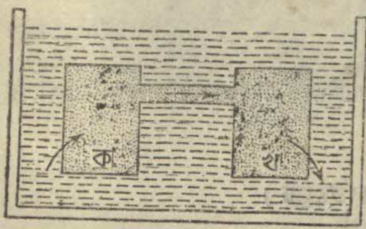
Munch's hypothesis (মাঞ্চের প্রকল্প)—1930 খ্রীষ্টাব্দে Munch (মাঞ্চ) নামক বিজ্ঞানীর মতে জল অথবা দ্রবণীয় পদার্থ ফ্লোয়েমের মধ্য দিয়া আস্রবণ প্রক্রিয়ায় কেবলমাত্র একই দিকে সংবাহিত হয়। পর পৃষ্ঠায় ৮৬নং চিত্রে ইহা সহজেই বুঝান হইয়াছে :

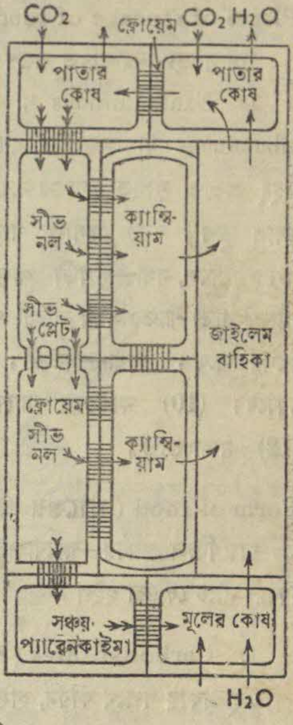
দুইটি ভেদ্য পর্দাযুক্ত পাত্র, **ক** এবং **খ**, একটি নলদ্বারা সংযুক্ত করা হইল এবং সমগ্র যন্ত্রটিকে জলে নিমজ্জিত করিয়া রাখা হইল (৮৬ক নং চিত্র)। **ক** পাত্রে অধিক ঘনত্বযুক্ত শর্করা দ্রব্য আছে এবং **খ** পাত্রে জল আছে। এখন আস্রবণ প্রক্রিয়ায় জল **ক** পাত্রে প্রবেশ করিবে। ইহাতে **ক** পাত্রের তরলের চাপ বৃদ্ধি পাইয়া পার্শ্বীয় নলের মধ্য দিয়া **খ** পাত্রে সঞ্চারিত হইবে, যাহার ফলে **খ** পাত্রস্থ জল পর্দার মধ্য দিয়া বহিস্থ পাত্রের জল প্রবেশ করিবে। কাজেই **ক** পাত্র হইতে **খ** পাত্রে নলের মধ্য দিয়া দ্রবণের প্রবাহ হইতে থাকিবে। শর্করা দ্রব **ক** পাত্র হইতে **খ** পাত্রে প্রবেশ করিলে **খ** পাত্রস্থ জলের ঘনত্ব ক্রমে বৃদ্ধি পাইবে এবং ইহার ফলে ইহার চাপও বৃদ্ধি পাইবে। অতএব দেখা যাইতেছে যে, **ক** পাত্রের দ্রবণের ঘনত্ব যতক্ষণ **খ** পাত্রের ঘনত্ব অপেক্ষা অধিক থাকিবে ইহা হইতে **খ** পাত্রে দ্রবণের প্রবাহ লক্ষিত হইবে।

এখন ভেদ্য পর্দাবিশিষ্ট পাত্র দুইটিকে যথাক্রমে জীবিত কোষরূপে গণ্য করিলে খাদ্যের দ্রবণ **ক** কোষ হইতে **খ** কোষে পরিবাহিত হইবে। অধিকন্তু **খ** কোষের সমস্ত খাদ্য যদি উদ্ভিদের খাদ্যরূপে ব্যবহৃত হয় তাহা হইলে **ক** কোষ হইতে **খ** কোষে খাদ্যের দ্রবণ অবিরাম প্রবাহিত হইতে থাকিবে।

Munch (মাঞ্চ) এই মত পোষণ করেন যে, উপরোক্ত প্রক্রিয়ায় জৈব পদার্থ ফ্লোয়েমের মধ্যে সংবাহিত হয়। পর্দাযুক্ত ক এবং খ পাত্রের পরিবর্তে খ-নং চিত্রে পাতার কোষ এবং মূলের কোষ গণ্য করা হইয়াছে। ইহারা ক্যাম্বিয়ম, ফ্লোয়েম এবং জাইলেম নালিকার দ্বারা সংযুক্ত।

সালোকসংশ্লেষের সময় পাতার কোষগুলির আস্রবণ চাপ বৃদ্ধি পায় কিন্তু এই চাপ মূলের কোষের আস্রবণ চাপ অপেক্ষা সর্বদাই অধিক। অতএব খাদ্যের দ্রবণ





৮৬নং চিত্র—মাঞ্চের পরীক্ষা :
বামদিকের চিত্রে ক, শর্করা দ্রবণ : খ, জল : ডানদিকের চিত্রে খাদ্য সংবহন প্রণালী দেখান হইয়াছে

পাতা হইতে মূলে সংবহিত হয়। এই স্থানে ইহা উদ্ভিদের প্রয়োজনে ব্যবহৃত হয় অথবা ভবিষ্যতের জন্য সঞ্চিত থাকে। ইহার ফলে মূল হইতে পাতায় অবিরাম জল পরিবাহিত হয় এবং ফ্লোয়েমের মধ্য দিয়া পাতা হইতে মূলে জৈব খাদ্যের দ্রব সংবাহিত হইয়া থাকে।

Storage (সঞ্চয়)

আত্তীকরণের পর সকল দ্রব্যই একসঙ্গে ব্যবহৃত হয় না। অতিরিক্ত খাদ্য গাছের বিভিন্ন অংশে সঞ্চিত থাকে। এই খাদ্য গাছের ভবিষ্যতে ব্যবহারের জন্য অথবা চারাগাছগুলির জন্য সঞ্চিত থাকে। এই সকল খাদ্য প্রধানত কঠিন অবস্থায় সঞ্চিত থাকে, এবং সময় সময় ইহারা আকৃতিবিহীন, দানাদার বা কেলাসিত

অবস্থায় থাকে, এমনকি কখনও কখনও ইহাদের তরল অবস্থাতেও দেখিতে পাওয়া যায়। সকল পোষক দ্রব্যই গাছের খাদ্য।

Places of storage of food (খাদ্য সঞ্চয়ের স্থান)

খাদ্য গাছের নিম্নলিখিত অংশে সঞ্চিত থাকে :

1. Exalbuminous বা বহিঃসার বীজে খাদ্য বীজপত্রের মধ্যে এবং albuminous বা অন্তঃসার বীজে সস্যের মধ্যে সঞ্চিত থাকে ; (2) রাইজোম, কর্ম্ প্রভৃতি মৃদ্গত কাণ্ডের মধ্যে ; (3) মূলা, গাজর, শালগম, শতমূলী প্রভৃতির রসাল মূলে ; (4) রসাল পাতায়, যথা—পাথরকুচি, ঘৃতকুমারী প্রভৃতি ; (5) বুলবিল, যথা—চুপড়ী আলু প্রভৃতি ; (6) শিমূল, আমড়া প্রভৃতি যে সকল গাছের পাতা শীতের সময় ঝরিয়া পড়ে তাহাদের শাখার আগায় ; (7) অনেক ফুলের অঙ্গে ; যথা—গর্ভদণ্ড ; (8) পাতার ক্লোরোপ্লাস্টে ; (9) বর্ধনশীল কোষে ; (10) কর্টেক্সের প্যারেনকাইমা কোষে ; (11) এণ্ডোডারমিসে এবং (12) মজ্জাংশুতে।

Form of food (খাদ্যের প্রকার)

খাদ্য **তিন** প্রকার—কার্বোহাইড্রেট, প্রোটিন ও স্নেহজাতীয় পদার্থ। ইহাদের বিবরণ নীচে দেওয়া হইল :

1. Carbohydrates (কার্বোহাইড্রেট)

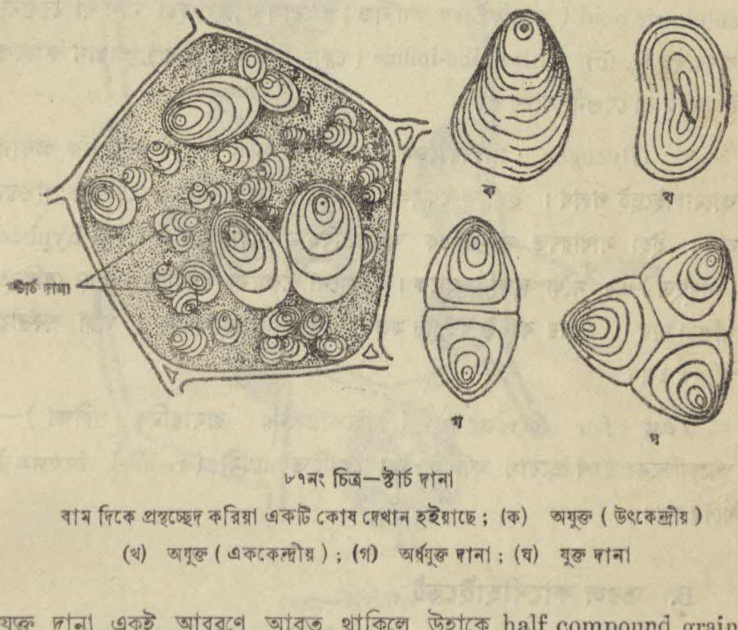
এই প্রকার পদার্থে কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন থাকে ; হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের অনুপাত ঠিক জলের মত অর্থাৎ 2 : 1। ইহা উদ্ভিদদেহে কঠিন অথবা তরল থাকিতে পারে।

A. কঠিন কার্বোহাইড্রেট

Starch grains (স্টার্চ দানা, ৮৭নং চিত্র)—উদ্ভিদের প্রায় সকল অংশে ক্ষুদ্র আকৃতির স্টার্চ দানা থাকে। তবে রসাল মূলে, ভূনিম্নস্থ কাণ্ডে, সাবুগাছের মজ্জায় এবং ধান, গম, যব প্রভৃতি খাদ্যশস্যে ইহা প্রচুর পরিমাণে থাকে। ইহার রাসায়নিক সংকেত $C_5H_{10}O_5$। পোষণের সময় ইহা শর্করায় পরিণত হয়।

অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে স্টার্চ দানা পরীক্ষা করিলে ইহাকে stratified (স্তরীভূত) দেখায় ; কারণ স্টার্চ পদার্থ ও জল পর্যায়ক্রমে সজ্জিত থাকে। স্তরগুলি একটি নির্দিষ্ট বিন্দুর চারিদিকে স্থাপিত হয়। এই বিন্দুটিকে hilum

(হাইলম) বলে। হাইলম খুব চকচকে ; ইহা গোলাকার, তারকাকার, কোণ-বিশিষ্ট বা খণ্ডিত হইয়া থাকে। হাইলম দানার এক পার্শ্বে থাকিলে ইহাকে eccentric (উৎকেন্দ্রীয় বা অপকেন্দ্রীয়) বলে, যথা—আলু ; কিন্তু ইহা কেন্দ্রে থাকিলে concentric (এককেন্দ্রীয় বা সমকেন্দ্রীয়) দানা বলে, যথা—মটরবীজ। স্টার্চ দানা পরস্পর পৃথক থাকিলে উহাদিগকে simple grain (সরল বা অযুক্ত দানা) বলে। সময় সময় দুই বা ততোধিক দানা একত্রে পুঞ্জীভূত থাকিলে উহাকে compound grain (যৌগিক বা যুক্ত দানা) বলে। দুই বা ততোধিক



৮৭নং চিত্র—স্টার্চ দানা

বাম দিকে প্রস্থচ্ছেদ করিয়া একটি কোষ দেখান হইয়াছে ; (ক) অযুক্ত (উৎকেন্দ্রীয়) (খ) অযুক্ত (এককেন্দ্রীয়) ; (গ) অর্ধযুক্ত দানা ; (ঘ) যুক্ত দানা

যুক্ত দানা একই আবরণে আবৃত থাকিলে উহাকে half compound grain (অর্ধযৌগিক বা অর্ধযুক্ত দানা) বলে। বিভিন্ন উদ্ভিদে স্টার্চ দানা বিভিন্ন রকমের হয় ; যথা—আলুতে ডিম্বাকার ও উৎকেন্দ্রীয়, মটরে গোলাকার ও এককেন্দ্রীয়, চাউল ও ভুট্টায় বহুক্ষেত্রবিশিষ্ট, এবং ফণিমনসায় ডাম্বেলের মতন হইয়া থাকে।

Tests for starch grain (স্টার্চ দানার রাসায়নিক পরীক্ষা)

1. ইহা শীতল জলে, কোহলে অথবা ঈথারে অদ্রবণীয়। (2) পাতলা আয়োডিনের দ্রবণ প্রয়োগ করিলে ইহা নীলবর্ণের হয়।

2. *Reserve cellulose* (সঞ্চিত সেলুলোজ)—সেলুলোজ এক প্রকার

কঠিন কার্বোহাইড্রেট পদার্থ। ইহার রাসায়নিক সংকেত $(C_6H_{10}O_5)_n$। ইহা স্টার্চ দানা অপেক্ষা কম দেখিতে পাওয়া যায়। সাধারণত কোষপ্রাচীরে যে সেলুলোজ থাকে উহা সঞ্চিত খাদ্য নয়। খেজুর ও নারিকেলের সস্যে যে অতিরিক্ত সেলুলোজের প্রাচীর থাকে উহাই সঞ্চিত সেলুলোজ। পোষণের জন্য আবশ্যক হইলে ইহা এনজাইমের ক্রিয়ার দ্বারা শর্করায় পরিণত হয়।

Tests for cellulose (সেলুলোজের রাসায়নিক পরীক্ষা)—(*a*) ইহা কোহল, ক্ষার বা পাতলা অ্যাসিডে অদ্রবণীয়। (*b*) আয়োডিনের দ্রবণ ও sulphuric acid (সালফিউরিক অ্যাসিড) প্রয়োগ করিলে ইহা নীল বা বেগুনী বর্ণের হয়। (*c*) chlor-zinc-iodine (ক্লোর-জিঙ্ক-আয়েডিন) প্রয়োগ করিলে ইহা নীল বা বেগুনী বর্ণের হয়।

3. *Glycogen* (গ্লাইকোজেন)—গ্লাইকোজেনও স্টার্চের মত এক প্রকার কার্বোহাইড্রেট পদার্থ। ইহাকে কেবলমাত্র ছত্রাকে, বিশেষত ঈস্টে, দেখিতে পাওয়া যায়। ইহা সাধারণত জ্যামিতিক আকৃতিবিহীন পদার্থরূপে ছত্রাকের hyphae (অণুসূত্র)-এর মধ্যে ছড়ান থাকে। কোনো কোনো শৈবালেও ইহা দেখিতে পাওয়া যায়। ইহার কার্যও শর্করার মত। ইহা এনজাইমের ক্রিয়ার দ্বারা শর্করায় পরিণত হয়।

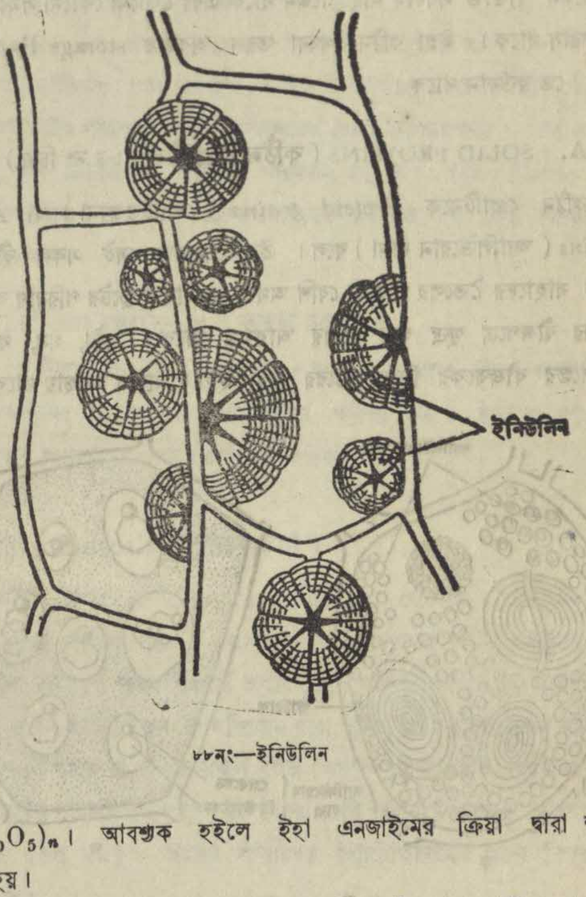
Test for glycogen (গ্লাইকোজেনের রাসায়নিক পরীক্ষা)—আয়োডিনের দ্রবণ প্রয়োগ করিলে ইহা লোহিত-বাদামী (reddish brown) বর্ণের হয়।

B. তরল কার্বোহাইড্রেট

4. *Sugar* (শর্করা)—তরল কার্বোহাইড্রেট পদার্থকে শর্করা বলে। নানা প্রকার শর্করা আছে। Glucose or grapesugar (দ্রাক্ষা শর্করা) পাকা ফলে ও পিয়াজের রসাল শল্কপত্রে থাকে; ইহার রাসায়নিক সংকেত $C_6H_{12}O_6$। Sucrose or canesugar (ইক্ষু শর্করা) ইক্ষুর কাণ্ডে ও বীটের মূলে থাকে; ইহার রাসায়নিক সংকেত $C_{12}H_{22}O_{11}$। আবশ্যক হইলে ইহা এনজাইমের ক্রিয়াদ্বারা দ্রাক্ষা শর্করায় পরিণত হয়।

Test for sugars (শর্করার রাসায়নিক পরীক্ষা)—একটি টেস্ট টিউবে কিছু দ্রাক্ষা শর্করা লইয়া উহাতে copper sulphate (তুঁতে) ও কষ্টিক পটাশ ঢালিয়া উত্তপ্ত করিলে নীলবর্ণের হইয়া থাকে।

5. *Inulin* (ইনিউলিন : ৮৮নং চিত্র)—ইহা এক প্রকার তরল কার্বো-হাইড্রেট পদার্থ। ইহা ডালিয়া, হাতীচোখ প্রভৃতির tuberous root (কন্দাল মূল)-এর কোষরসে থাকে। ইহার রাসায়নিক সংকেত



৮৮নং—ইনিউলিন

$(C_5H_{10}O_5)_n$। আবশ্যক হইলে ইহা এনজাইমের ক্রিয়া দ্বারা শর্করায় পরিণত হয়।

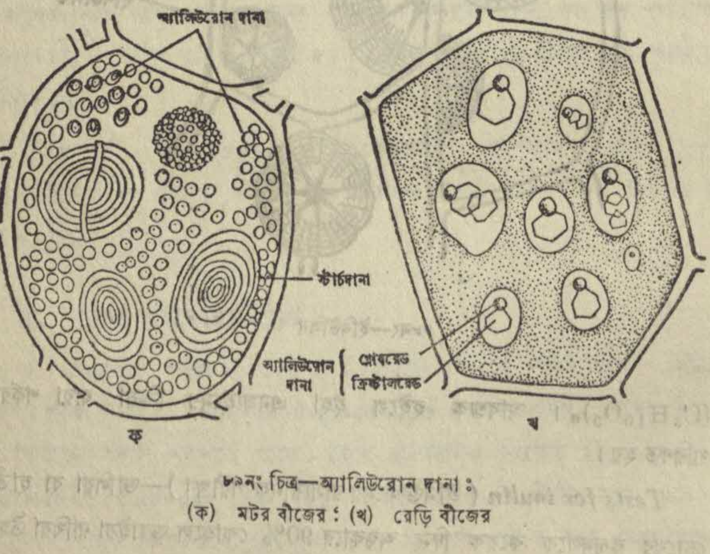
Tests for inulin (ইনিউলিনের রাসায়নিক পরীক্ষা)—ডালিয়া বা হাতী-চোখের কন্দমূলকে কয়েক দিন অন্ধকারে 90% কোহলে ডুবাইয়া রাখিয়া উহার প্রস্থচ্ছেদ করিলে দেখিবে যে, ইনিউলিন কোষপ্রাচীরের গাত্রে বা কোণে হাত-পাখার মতন কেলাস গঠিত হইয়াছে। কয়েক ফোঁটা phloroglucin (ফ্লোরোগ্লুসিন) প্রয়োগ করিলে সাদা কেলাসগুলি yellowish-brown (হরিদ্রাভ-বাদামী) বর্ণের হয়।

II. Proteins (প্রোটিন)

প্রোটিন উদ্ভিদের অত্যাবশ্যক জটিল জৈব পদার্থ। ইহাও উদ্ভিদের সঞ্চিত খাদ্য ও প্রোটোপ্লাজমের প্রয়োজনীয় উপাদান। ইহাতে কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন ব্যতীত সর্বদাই নাইট্রোজেন থাকে এবং কোনো কোনো সময়ে গন্ধক ও ফসফরাস থাকে। ইহা কঠিন অথবা তরল অবস্থায় storage tissue (সঞ্চয় কলা)-তে বর্তমান থাকে।

A. SOLID PROTEINS (**কঠিন প্রোটিন** : ৮৯ নং চিত্র)

কঠিন প্রোটিনকে *Proteid grains* (প্রোটিড দানা) বা *Aleurone grains* (অ্যালিউরোন দানা) বলে। ইহা প্রধানত সেই সকল বীজের মধ্যে থাকে যাহাদের তৈলের পরিমাণ বেশি অথবা কার্বোহাইড্রেটের পরিমাণ কম। ইহা মটরের বীজপত্রে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র দানার আকারে থাকে। ভুট্টা, গম, যব প্রভৃতি খাদ্যশস্যের বীজত্বকের নিচের স্তরের মধ্যে ইহা দানাদার অবস্থায় থাকে। রেড়ি



৮৯নং চিত্র—অ্যালিউরোন দানা :
(ক) মটর বীজের ; (খ) রেড়ি বীজের

বীজের endosperm (সস্য)-এ বড় বড় দানারূপে ভ্যাকুওলের মধ্যে থাকে। শেষোক্ত প্রকার অ্যালিউরোন দানার দুইটি অংশ আছে : (*a*) *crystalloid* (ক্রিস্টালয়েড), এই অংশটি বেশ বড়, ইহা albumen (অ্যালবুমেন) নামক প্রোটিনের এক প্রকার কেলাস ; (*b*) *globoid* (গ্লোবয়েড), এই অংশটি ক্ষুদ্র ও

গোলাকার, ইহা globulin (গ্লোবিউলিন) নামক এক প্রকার প্রোটিন এবং calcium phosphate (ক্যালসিয়ম ফসফেট) ও magnesium phosphate (ম্যাগনেসিয়ম ফসফেট)-এর সংমিশ্রণে গঠিত। এই প্রকার অ্যালিউরোন দানায় একাধিক ক্রিস্টালয়েড থাকিতে পারে।

Tests for aleurone grains (অ্যালিউরোন দানার রাসায়নিক পরীক্ষা) —(*a*) আয়োডিনের দ্রবণ প্রয়োগ করিলে ইহা হরিদ্রাভ বা বাদামী বর্ণের হয়। (*b*) পাতলা কষ্টিক পটাশের দ্রবণে ক্রিস্টালয়েড প্রথমে ফুলিয়া ওঠে ও পরে দ্রবীভূত হইয়া যায়, কিন্তু গ্লোবয়েডের কোনো পরিবর্তন হয় না। (*c*) *Nitric acid* (নাইট্রিক অ্যাসিড) প্রয়োগ করিলে গ্লোবয়েড দ্রবীভূত হয় কিন্তু ক্রিস্টালয়েড অপরিবর্তিত থাকে।

B. LIQUID PROTEIN (**তরল প্রোটিন**)

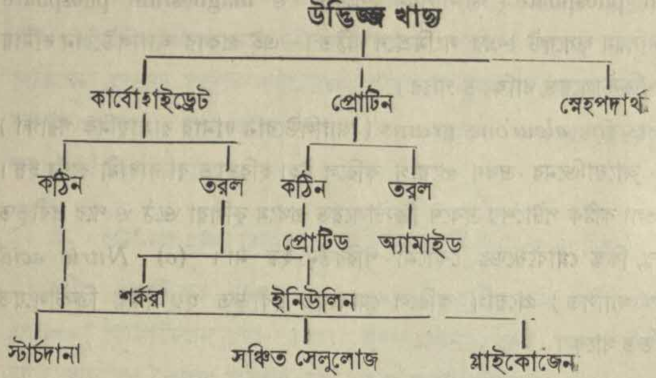
তরল প্রোটিনকে *amide* (অ্যামাইড) বলে। আবশ্যক হইলে অ্যালিউরোন দানা, এনজাইমের ক্রিয়ার দ্বারা অ্যামাইডে পরিণত হয়। ইহাকে সাধারণত শাখা-প্রশাখার অগ্রভাগের কোষে দেখিতে পাওয়া যায়।

III. Fats and oils (স্নেহপদার্থ)

স্নেহপদার্থ বিভিন্ন প্রকারের fatty acids (স্নেহঅম্ল) ও glycerol (গ্লিসারল)-এর যৌগিক পদার্থ। সাধারণ তাপে স্নেহপদার্থ কঠিন অবস্থায় থাকে কিন্তু উত্তাপ প্রয়োগে তরল পদার্থে অর্থাৎ তৈলে পরিণত হয়। কার্বোহাইড্রেটের ন্যায় ইহারা কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন দ্বারা গঠিত, তবে হাইড্রোজেন অক্সিজেন জলের অনুপাতে থাকে না। যে সকল বীজে (যথা—সরিষা, রেড়ি, তিসি প্রভৃতি) কার্বোহাইড্রেটের পরিমাণ কম তাহাতেই ইহারা বেশি পরিমাণে থাকে। জলপাই-এর ফলে যথেষ্ট তৈল থাকে। ইহারা সাধারণত প্রোটোপ্লাজমের মধ্যে বিন্দুর মত অবস্থান করে।

Tests for fats and oils (স্নেহপদার্থের রাসায়নিক পরীক্ষা)—(*a*) ইহারা (রেড়ির তৈল ব্যতীত) জলে ও কোহলে অদ্রবণীয় কিন্তু petroleum (পেট্রোলিয়ম), chloroform (ক্লোরোফর্ম) ও ether (ঈথার)-এ দ্রবণীয়। (*b*) 5% osmic acid (অস্‌মিক অ্যাসিড) প্রয়োগ করিলে ইহারা কালো বা বাদামী বর্ণের হয়। (*c*) রেড়ির সস্তকে আগুনের শিখায় ধরিলে উহা জ্বলিতে থাকে এবং কাগজের উপর ঘষিলে উহাতে তেলের দাগ পড়ে।

নিম্নে উদ্ভিজ্জ খাদ্যের একটি ছক দেওয়া হইল :



একাদশ অধ্যায়

বৃদ্ধি
(Growth)

আয়তনে স্থায়ী প্রসারণ ও আকৃতির পরিবর্তনকে **বৃদ্ধি** বলে। বৃদ্ধি সজীব পদার্থের বৈশিষ্ট্য। প্রাণীর দেহের সকল অংশই একসঙ্গে বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়, কিন্তু ইহা উদ্ভিদের নির্দিষ্ট স্থানে (মূল বা কাণ্ডের আগায়) নিবেশিত থাকে।

Phases of growth (বৃদ্ধির দশা)

বৃদ্ধির **তিনটি** দশা আছে ; যথা—

(*a*) *Embryonic phase or phase of cell division* (আদিদশা বা কোষবিভাগ দশা)—এই দশায় ভাজক কোষগুলি মিটোসিস প্রক্রিয়ায় বিভক্ত হইয়া নূতন কোষ গঠন করে।

(*b*) *Phase of elongation* (দীর্ঘীকরণ দশা)—এই দশায় বিভক্ত কোষগুলি ক্রমশ দীর্ঘ হইয়া পূর্ণ আয়তন প্রাপ্ত হয় ও ভ্যাকুওল উৎপন্ন হয়।

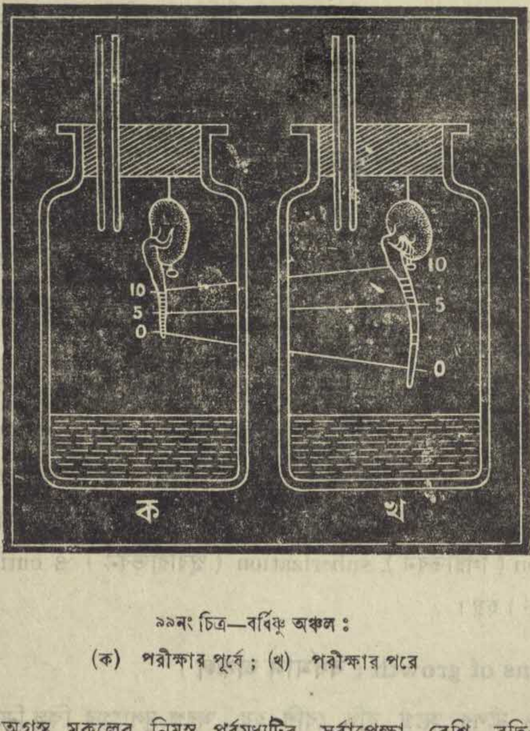
(*c*) *Phase of differentiation* (বিভেদ দশা)—এই দশায় পূর্ণ আয়তনপ্রাপ্ত কোষগুলি বিভিন্ন কলায় বিভেদিত হয় এবং কোষপ্রাচীরের lignification (লিগ্নীভবন), suberization (সুবারীভবন) ও cutinizatiou (কিউটিনযুক্ত) হয়।

Regions of growth (বর্ধমান অঞ্চল)

কাণ্ড ও মূলের অগ্রে বৃদ্ধি বেশি হয়, অবশ্য মূলাগ্রের কিছু নিচের অংশটি সর্বাপেক্ষা বেশি বৃদ্ধি পায়। ইহা নিম্নের পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ করা যাইতে পারে।

৪৪নং পরীক্ষা (৯০নং চিত্র)—এক ইঞ্চি লম্বা মূলবিশিষ্ট শিম, মটর বা ছোলার চারাগাছ লও। মূলের অগ্রভাগ space marker wheel (স্পেস মার্কার চক্র)-র সাহায্যে কালি দিয়া সমান অংশে দাগ দাও। এখন একটি বোতলে কিছু জল লও এবং ইহার মুখটি একটি ছিদ্রযুক্ত কর্কের ছিপি দিয়া বন্ধ কর। ছিদ্রের মধ্যে একটি কাচনল প্রবেশ করাও যাহাতে বায়ু বোতলের মধ্যে সহজে যাইতে পারে। এইবার একটি লম্বা পিনের সাহায্যে চারাগাছটিকে ছিপির

নিচের দিকে আবদ্ধ কর। 2-3 দিন পরে দেখিবে যে, মূলের অগ্রের ও উপরের দিকের দাগমধ্যস্থ স্থানগুলি সমান আছে, কিন্তু মূলাগ্রের নিচের দাগমধ্যস্থ স্থানগুলি বেশ লম্বা হইয়াছে। ইহা হইতে বুঝা যায়, মূলেতে মূলত্রাণের ঠিক নিচের অংশটি সর্বাপেক্ষা বেশি বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়।



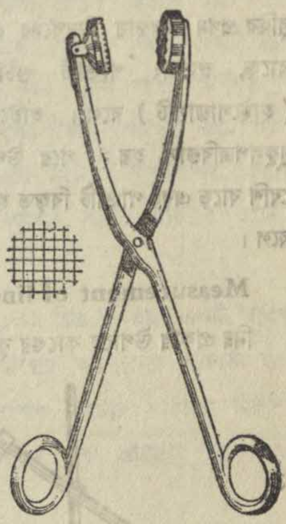
৯৯নং চিত্র—বর্ধিষ্ণু অঞ্চল :
(ক) পরীক্ষার পূর্বে ; (খ) পরীক্ষার পরে

কাণ্ডে অগ্রস্থ মুকুলের নিম্নস্থ পর্বমধ্যটির সর্বাপেক্ষা বেশি বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়। ইহা পূর্বোক্ত পরীক্ষার ন্যায় প্রমাণ করা যাইতে পারে। লক্ষ্য করিবে, কেবলমাত্র উপরের দুইটি বা তিনটি পর্বমধ্য কিছু লম্বা হয় কিন্তু অপরগুলি অপরিবর্তিত থাকে।

পত্রবৃন্তের অগ্রভাগে সর্বাধিক বৃদ্ধি দেখিতে পাওয়া যায় কিন্তু অবৃন্তক পাতায় ইহা ফলকের তলে অবস্থিত। ইহা সহজেই space marker disc (স্পেস মার্কার চাক্‌তি) নামক যন্ত্রের সাহায্যে (৯১নং চিত্র) নিরূপণ করা যায়। দেখা যাইবে পাতার যে অংশের বৃদ্ধি অধিক, সেই স্থানের চতুষ্কোণ চিহ্নগুলির আয়তন বৃদ্ধি পাইবে।

Properties of growing points (বর্ধমান অগ্রের বিশেষ ধর্ম)

I. *Turgidity* (রসস্ফীতি)—বর্ধমান অগ্রের কোষগুলি সর্বদাই রসস্ফীত থাকে। পোষক রস আস্রবণ প্রক্রিয়া দ্বারা দ্রুত কোষের মধ্যে প্রবেশ করে। প্রোটোপ্লাজমের তৎপরতার জন্য প্রত্যেক নূতন কোষে অভিস্রবণ পদার্থ গঠিত হয়। ইহা এই সকল পদার্থের উপস্থিতির জন্য আন্তঃ অভিস্রবণ প্রক্রিয়ার দ্বারা নিকটবর্তী কোষ হইতে জল শোষণ করিয়া রসস্ফীত হয়। রসস্ফীতির জন্য স্থিতিস্থাপক সেলুলোজ কোষপ্রাচীর বিস্তৃত হয় এবং কোষটি আয়তনে বাড়ে। নূতন সেলুলোজ কণিকা বিস্তৃত কোষপ্রাচীরের উপর জমা হয় এবং কোষটি স্থায়ী আকার প্রাপ্ত হয়।



৯১নং চিত্র—স্পেস মার্কার চাক্তি

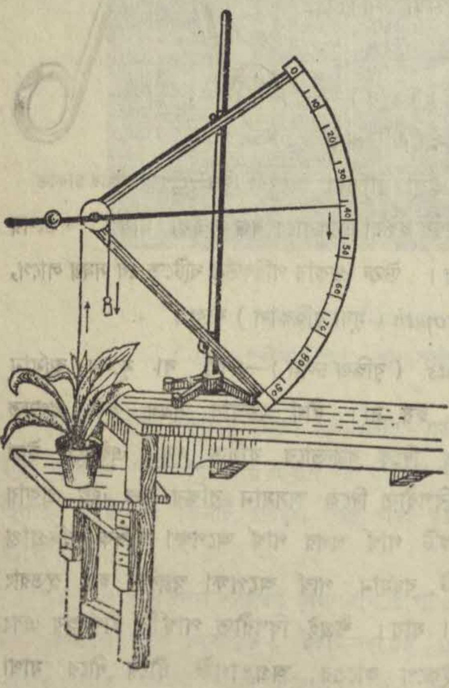
2. *Rate of growth* (বৃদ্ধিহার)—বৃদ্ধিহার সকল সময়ে সমান হয় না। প্রথমে বৃদ্ধি মন্থর গতিতে হয়, ক্রমশ ইহা বাড়িয়া সর্বাপেক্ষা অধিক হয় এবং শীঘ্রই মন্থর হইয়া একেবারে বন্ধ হইয়া যায়। অতঃপর অঙ্গটি স্থায়ী আকৃতি প্রাপ্ত হয়। উক্ত প্রকার পরিবর্তন ঘটিতে যে সময় লাগে, তাহাকে *grand period of growth* (মুখ্য বৃদ্ধিকাল) বলে।

3. *Growth movements* (বৃদ্ধিজ চলন)—কাণ্ড বা মূলের বর্ধমান অগ্র কখনও সরলরেখায় দীর্ঘ হয় না। দীর্ঘ হইবার সময় ইহা প্রথমত একদিকে যাইয়া পরে বিপরীত দিকে বক্রভাবে বর্ধিত হয়; এইরূপে ইহা আঁকাবাঁকাভাবে অগ্রসর হয়। বিপরীত দিকে অসমান বৃদ্ধির জন্য এই প্রকার চলন হয়। যখন অগ্রটির একটি পার্শ্ব অপর পার্শ্ব অপেক্ষা অধিক বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয় তখন সেই স্থানের কাণ্ডটি বর্ধমান পার্শ্ব অপেক্ষা স্বল্পদীর্ঘ হয়, সুতরাং ইহা বিপরীত দিকে বক্র হইয়া যায়। শীঘ্রই বিপরীত পার্শ্বটি দীর্ঘ হয় এবং অপর দিকে বক্র হয়। এইরূপে কাণ্ডের অগ্রভাগটি ধীরে ধীরে মাথা আন্দোলন করে; এই প্রকার চলনকে *nutation* (চলন) বলে। কাণ্ডের এই প্রকার চলন বল্লীতে সুস্পষ্টভাবে দেখা যায়। কিন্তু যদি বর্ধমান

অগ্রটির চলন অবিরাম সর্পিলভাবে হইতে থাকে তাহা হইলে তাহাকে *circumnutation* (পরিচলন) বলে। পরিচলন নবগঠিত আকর্ষে দেখিতে পাওয়া যায়। এই প্রকার চলনের জন্য আকর্ষ কোনো অবলম্বনের সংস্পর্শে আসিয়া উহাকে জড়াইয়া ধরে। পাতাতে বলনের ন্যায় চলন দেখা যায়। বৃদ্ধির প্রথম অবস্থায় নিম্নপৃষ্ঠের কোষগুলি উপরিপৃষ্ঠের কোষগুলি অপেক্ষা বেশি বাড়ে, সুতরাং পাতাটি গুটাইয়া যায়। এই বৃদ্ধিদশাকেই hyponasty (হাইপোন্যাস্টি) বলে। হাইপোন্যাস্টির জন্যই ফার্নগাছের পাতায় কুণ্ডলীকৃত মুকুলপত্রবিন্যাস হয় ; পরে উপরিপৃষ্ঠের কোষগুলি নিম্নপৃষ্ঠের কোষগুলি অপেক্ষা বেশি বাড়ে এবং পাতাটি বিস্তৃত হয়। এই বৃদ্ধিদশাকে epinasty (এপিন্যাস্টি) বলে।

Measurement of linear growth (রেখাকার বৃদ্ধির মাপ)

নিম্ন প্রকার উপায়ে কাণ্ডের বৃদ্ধিহার মাপিতে পারা যায় :



৯২নং চিত্র—আর্ক ইণ্ডিকেটর

1. *By ordinary scale* (সাধারণ অংশাঙ্কিত স্কেল দ্বারা)—কাণ্ডের অগ্রভাগের কোনো অংশে একটি দাগ দাও এবং নিয়মিতভাবে আগা হইতে এই দাগের ব্যবধান একটি সাধারণ অংশাঙ্কিত স্কেল দ্বারা মাপিলে বৃদ্ধির মাপ জানা যাইবে।

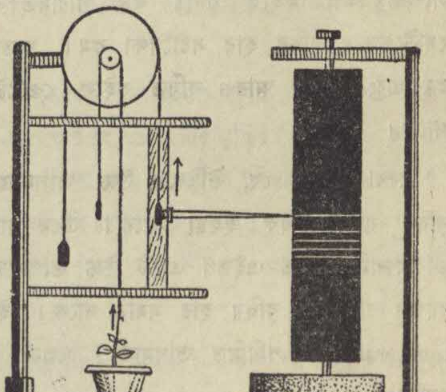
2. *Arc indicator* (আর্ক ইণ্ডিকেটর) বা *Auxanometer* (অক্সানোমিটর) দ্বারা (৯২নং চিত্র)—ইহা একটি লৌহনির্মিত অংশাঙ্কিত বৃত্তের চতুর্থাংশ মাত্র। কেন্দ্রস্থলে একটি ছোট চক্র

আছে এবং উহার সহিত যে লম্বা pointer (নির্দেশক) সংযুক্ত আছে, তাহা বৃত্তখণ্ডের উপর বা নিচ দিকে যাতায়াত করে। ইহার সাহায্যে নিম্নলিখিতভাবে সরল বৃদ্ধি মাপিতে পারা যায়।

৪৫নং পরীক্ষা—চক্রের উপরে একটি সূতা রাখ। ইহার এক প্রান্ত কাণ্ডের আগার সহিত বাঁধ ও অপর প্রান্তের সহিত এরূপ একটি ছোট weight (ভার) বাঁধ, যাহাতে সূতাটি সম্পূর্ণ টান থাকে অথচ ছিঁড়িয়া না যায়। এখন নির্দেশকের অবস্থান লক্ষ্য কর। যখন দৈর্ঘ্যে বাড়ে, তখন চক্রটি ঘুরে এবং সঙ্গে সঙ্গে নির্দেশকটি স্কেলের উপরে উঠে। নির্দেশকের অবস্থান লক্ষ্য কর। দুই অবস্থানের পার্থক্য হইতে কাণ্ডের বৃদ্ধির পরিমাণ জানিতে পারা যায়।

3. *Auxograph* (অক্সোগ্রাফ দ্বারা : ৯৩নং চিত্র) – ইহা একটি স্বলিখন যন্ত্রবিশেষ। কপিকল ও চক্রের সাহায্যে কাণ্ডাগ্রের অবস্থানের পরিবর্তন হয়। ইহা একটি ঘূর্ণায়মান ধূমায়িত ড্রামের উপর নির্দেশক কাঁটার সাহায্যে নিরূপিত হয়। সাধারণত বৃদ্ধির পরিমাণ 20-40 গুণ হয় এবং প্রত্যেক অর্ধ বা এক ঘণ্টায় বৃদ্ধির পার্থক্য জানিতে পারা যায়।

৪৬নং পরীক্ষা—ছোট চক্রের উপর একটি সূতা রাখ। ইহার এক প্রান্ত কাণ্ডের অগ্রভাগের সহিত যুক্ত কর ও অপর প্রান্তের সহিত এইরূপ একটি weight (ভার) বাঁধ যাহাতে সূতাটি সম্পূর্ণ টান থাকে অথচ ছিঁড়িয়া না যায়। আর একটি সূতা বড় চক্রের উপর রাখ। সূতাটি টান রাখিবার জন্য ইহার দুই প্রান্তে সমান ভার বাঁধ। এখন একটি



৯৩নং চিত্র অক্সোগ্রাফ

ভারের সহিত নির্দেশক কাঁটা একটি ধূমায়িত ড্রামের সহিত স্পর্শ করাও। এখন ড্রামটিকে clockwork (যন্ত্র)-এর সাহায্যে নির্দিষ্ট গতিতে ঘুরাও।

যখন কাণ্ডটি বর্ধিত হয়, ছোট চক্রটি ঘুরিতে থাকে এবং সেই সঙ্গে বড় চক্রটিও ঘুরে। সুতরাং নির্দেশকটি ধুমায়িত কাগজের উপর আঁচড় কাটে। এখন নির্দিষ্ট সময়ের মধ্যে আঁচড়ের দৈর্ঘ্যের পরিমাণ হইতে কাণ্ডের বৃদ্ধি মাপিতে পারা যায়।

দেখা গিয়াছে যে, দিবারাত্রের পরিবর্তনের ফলে বৃদ্ধির পরিমাণও পরিবর্তিত হয়। বৃদ্ধি সন্ধ্যার সময়ে আরম্ভ হয়, রাত্রিকালে ক্রমশ বাড়ে, প্রত্যূষে সর্বাপেক্ষা বেশি হয় এবং দিনের বেলায় শীঘ্র মন্থর হইয়া যায়। প্রত্যেক 24 ঘণ্টায় বৃদ্ধির পরিবর্তনকে daily period of growth (দৈনিক বৃদ্ধি) বলে।

Factors influencing growth (বৃদ্ধির জন্য প্রয়োজনীয় কারণ)

A. EXTERNAL FACTORS (বহিস্থ কারণ)

1. Temperature (উষ্ণতা)—বিভিন্ন উদ্ভিদের বৃদ্ধির হার বিভিন্ন তাপমাত্রার সীমার উপর নির্ভর করে। সাধারণত উষ্ণতা $0°$-$35°$ সেন্টিগ্রেড হইলে উদ্ভিদের বৃদ্ধির হার সেই অনুপাতে বৃদ্ধি পায়। কিন্তু প্রকৃতপক্ষে সকল ক্ষেত্রেই এইরূপ হয় না। কোনো কোনো ক্ষেত্রে দেখা যায় যে, উষ্ণতা বর্ধিত হইলেও বৃদ্ধিহার হ্রাসপ্রাপ্ত হয়। $25°$-$30°$ সেন্টিগ্রেডের মধ্যে বৃদ্ধির হার সর্বোচ্চ এবং ইহাই বৃদ্ধির জন্য পরিমিত তাপমাত্রা। আবার $5°$-$10°$ সেন্টিগ্রেড-এ বৃদ্ধির হার সর্বাপেক্ষা কম। অত্যধিক উষ্ণতায় বৃদ্ধিহার ব্যাহত হয় এবং উষ্ণতা আরও বর্ধিত হইলে প্রোটোপ্লাজমের ক্রমে মৃত্যু ঘটিয়া থাকে।

দেখা গিয়াছে যে, উদ্ভিদকে উচ্চ তাপমাত্রায় অধিকক্ষণ রাখিলে প্রথমে বৃদ্ধির হার অধিক হইয়া থাকে। ক্রমে হ্রাসপ্রাপ্ত হয়। কোনো কোনো জীববিজ্ঞানীর মতে এইরূপ একটি উচ্চ তাপমাত্রা আছে যাহাতে উদ্ভিদকে বহুক্ষণ রাখিলেও বৃদ্ধির হার সমান থাকে। ইহাকেই বিজ্ঞানীগণ optimum temperature (পরিমিত তাপমাত্রা) বলেন এবং ইহার মান প্রায় $29°$ সেন্টিগ্রেড।

2. Light (আলোক)—উদ্ভিদের বৃদ্ধিতে আলোক বিশিষ্ট অংশ গ্রহণ করে। আলোকের কয়েকটি বিশেষ চরিত্রের উপর উদ্ভিদের বৃদ্ধি নির্ভর করে। ইহাদের বিবরণ পরপৃষ্ঠায় বর্ণিত হইল :

(*a*) *Direction of light* (আলোকের গতি)—সাধারণত উদ্ভিদের কাণ্ড আলোকের দিকে যায় এবং মূল আলোকের বিপরীত অভিমুখে যায়। আলোক হইতেই উদ্ভিদ শক্তি আহরণ করিয়া সালোকসংশ্লেষ প্রক্রিয়ায় খাদ্য প্রস্তুত করে। আলোকের অভাবে উদ্ভিদের কাণ্ডগুলি নরম ও দীর্ঘ হয় এবং পাতাগুলি পাণ্ডুর হইয়া থাকে।

সূর্যমুখী, বিলাতি বেগুন প্রভৃতি উদ্ভিদ উন্মুক্ত সূর্যালোকে সুষ্ঠুভাবে বৃদ্ধি পায় কিন্তু আলোকবিহীন স্থানে উহাদের বৃদ্ধি ব্যাহত হয়। এই প্রকার উদ্ভিদকে photophilic plants (আলোকবিলাসী উদ্ভিদ) বলে। মস, ফার্ন প্রভৃতি উদ্ভিদ ছায়াযুক্ত স্থানে উত্তমরূপে বৃদ্ধি পায় কিন্তু অত্যধিক সূর্যালোকে ইহাদের বৃদ্ধি বিঘ্নিত হয়। এই প্রকারে উদ্ভিদকে photophobic plants (আলোকবিমুখী উদ্ভিদ) বলে। পরন্তু, গোলাপ, flox (ফ্লক্স) প্রভৃতি ফুল আলোকের প্রভাবকে উপেক্ষা করে ; এই প্রকার উদ্ভিদকে photo indifferent plants (আলোকনিরপেক্ষ উদ্ভিদ) বলে।

(*b*) *Intensity of light* (দীপনমাত্রা)—Sachs (শ্যাক্স) প্রভৃতি উদ্ভিদবিজ্ঞানীর মতে ম্লান আলোকে উদ্ভিদের বৃদ্ধি দ্রুত হইয়া থাকে ; আবার কেহ কেহ বলেন যে, আলোকের দীপনমাত্রার সহিত বৃদ্ধির হারের কোনো সম্বন্ধ নাই। কিন্তু সচরাচর দেখা যায় যে, আলোকের দীপনমাত্রা সামান্য বৃদ্ধি পাইলে কোষ-বিভাজন দ্রুত হইয়া থাকে, সুতরাং পরোক্ষভাবে বৃদ্ধির হার দ্রুত হয়।

যদি কোনো উদ্ভিদকে হঠাৎ অন্ধকার স্থান হইতে প্রখর আলোকিত স্থানে স্থানান্তরিত করা হয় তাহা হইলে দেখা যায় যে, উদ্ভিদটির বৃদ্ধির হার হঠাৎ কমিয়া যায় এবং পরে ধীরে ধীরে বৃদ্ধির হার বাড়িয়া ক্রমে স্বাভাবিক হইয়া আসে। ইহাকে light-growth reaction (আলেক-বৃদ্ধি প্রতিক্রিয়া) বলে। দীপনমাত্রার হঠাৎ পরিবর্তন করিলে কোষগুলি আঘাত প্রাপ্ত হয় এবং উদ্ভিদের এইরূপ অনুভূতিকে light energetic shock বলে।

(*c*) *Quality of light* (আলোকের প্রকার)—আলোক বিশ্লেষণ করিলে সাতটি রং দেখিতে পাওয়া যায়। ইহাদের মধ্যে লাল এবং নীল রং উদ্ভিদের কোষ-বিভাজনের হার বৃদ্ধি করে কিন্তু কোষের আয়তনের বৃদ্ধি হয় না। আবার কেবলমাত্র আলোকের লাল রং প্রয়োগ করিলে কোষের আয়তন বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয় কিন্তু বিভাজন-প্রক্রিয়া ব্যাহত হয়। নীল রং প্রয়োগ করিলে উদ্ভিদের

কোষগুলি আয়তনে বর্ধিত হয় না কিন্তু কোষ-বিভাজন-হার বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়।

(*d*) *Duration of light* (আলোকের স্থিতিকাল)—আলোকের স্থিতিকাল উদ্ভিদের পুষ্প উৎপাদনে সহায়তা করে। এই সম্বন্ধে পরবর্তী অধ্যায়ে photoperiodism (ফোটোপিরিয়ডিজম)-এ বিস্তৃত আলোচনা করা হইয়াছে।

3. *Wounding* (আঘাত)—উদ্ভিদের কোন অংশ আঘাত প্রাপ্ত হইলে ঐ স্থানে hormone (হরমোন) নামক এক প্রকার পদার্থ গঠিত হয় যাহার ফলে উক্ত স্থানের বৃদ্ধিহার বর্ধিত হয়। হরমোন সম্বন্ধে বিবরণ নিম্নে দেওয়া হইয়াছে।

4. *Oxygen* (অক্সিজেন)—উদ্ভিদের বৃদ্ধির জন্য অক্সিজেন পরোক্ষভাবে ক্রিয়া করে। শ্বাসকার্যের দ্বারা শক্তি সঞ্চারিত হইবার জন্য বর্ধমান অঙ্গের অক্সিজেন আবশ্যক হয়। কোনো কোনো ক্ষেত্রে দেখা গিয়াছে যে, অতিমাত্রায় অক্সিজেন সরবরাহ হইলে উদ্ভিদের বৃদ্ধি ব্যাহত হয়।

5. *Carbon dioxide* (কার্বন ডাই-অক্সাইড)—উদ্ভিদের বৃদ্ধি কার্বন ডাই-অক্সাইডের উপর পরোক্ষভাবে নির্ভর করে, কারণ ইহা সালোকসংশ্লেষের জন্য আবশ্যক। তবে কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ অধিক হইলে গাছের বৃদ্ধি ব্যাহত হয়।

6. *Concentration of soil solution* (মৃত্তিকাস্থ দ্রবণের ঘনত্ব)—মৃত্তিকাস্থ দ্রবণের ঘনত্ব অধিক হইলে শোষণহার হ্রাসপ্রাপ্ত হয় এবং ইহার ফলে বৃদ্ধিও ব্যাহত হয়।

7. *Toxic substances* (বিষাক্ত পদার্থ)—বিষাক্ত পদার্থের প্রকৃতি এবং ঘনত্বের উপর বৃদ্ধিহার নির্ভর করে। দেখা গিয়াছে যে, কোন বিষাক্ত পদার্থের অতি লঘু দ্রবণে উদ্ভিদ সুষ্ঠুভাবে বর্ধিত হয়।

B. INTERNAL FACTORS (**অন্তস্থ কারণ**)

1. *Hormone* (হরমোন)—অধুনা বিজ্ঞানীগণ মনে করেন যে, উদ্ভিদকোষে এক প্রকার রাসায়নিক পদার্থ উৎপন্ন হয় যাহার ফলে নির্দিষ্ট অঙ্গটি বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়। এই প্রকার পদার্থকে Hormones (হরমোন), Growth promoting substances (বৃদ্ধিসহায়ক পদার্থ), Phytochromes (ফাইটোক্রোম),

Growth regulators (বৃদ্ধিনিয়ন্ত্রক পদার্থ) প্রভৃতি নামে অভিহিত করা হয়।

1881 খ্রীষ্টাব্দে Chales Darwin (চার্লস ডারউইন) সর্ব প্রথম এই মত পোষণ করেন যে, উদ্ভিদদেহে এমন এক প্রকার রাসায়নিক পদার্থ থাকে যাহা বৃদ্ধির সহায়ক। 1934 খ্রীষ্টাব্দে Kogl (কগ্‌ল্‌) এবং তাঁহার সহকর্মিগণ প্রকৃতপক্ষে এই প্রকার কয়েকটি রাসায়নিক পদার্থের সন্ধান পান এবং ইহাদের প্রকৃতি ও গঠন নির্ণয়ে সমর্থ হন। তাঁহাদের মতে এই সকল পদার্থ হইল *auxin a* (অক্সিন-এ), *auxin b* (অক্সিন-বি) এবং *indole-acetic acid* (ইন্‌ডোল-অ্যাসিটিক অ্যাসিড)। অক্সিন-এ অ্যাসিডে স্থিতিশীল কিন্তু ক্ষারে অস্থায়ী এবং অক্সিন-বি অ্যাসিড ও ক্ষার উভয় দ্রবণেই বিশ্লিষ্ট হইয়া যায়, আবার ইনডোল অ্যাসিডের রাসায়নিক প্রকৃতি অক্সিন-এ-এর সম্পূর্ণ বিপরীত।

লক্ষ্য রাখিতে হইবে যে, উপরি-উক্ত তিন প্রকার বৃদ্ধিসহায়ক পদার্থকেই একত্রে অক্সিন নামে অভিহিত করা হয়। ইহাদের মধ্যে অক্সিন-এ এক অণু জল পরিত্যাগ করিয়া অক্সিন-বি-তে পরিণত হয়। ইনডোল অ্যাসিডের ক্ষেত্রে দেখা গিয়াছে যে, ইহা tryptophane (ট্রিপটোফেন) নামক এক প্রকার পদার্থ হইতে গঠিত হয় এবং ইহার উৎপাদনের সময় indole acetal-dehyde (ইনডোল অ্যাসিটালডিহাইড) মধ্যবর্তী পদার্থরূপে উৎপন্ন হয়।

প্রোটোপ্লাজম জীবিত থাকিলেই এই সকল বৃদ্ধিসহায়ক পদার্থ ক্রিয়া করে। সমগ্র প্রক্রিয়াটির সহিত শ্বাসকার্যের নিবিড় সম্পর্ক রহিয়াছে এবং যে-সকল পদার্থের উপস্থিতির দ্বারা শ্বাসকার্য বিঘ্নিত হয় তাহাদের উপস্থিতিতে বৃদ্ধিও ব্যাহত হয়।

বৃদ্ধিসহায়ক পদার্থগুলি কোষপ্রাচীরের plasticity (সম্প্রসারণশীলতা) বৃদ্ধি করে। Avena coleoptile (জই গাছের কোলিওপটাইল)-এ ইহা পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে। Soding (সডিং) নামক বিজ্ঞানী দেখিয়াছেন যে, জই গাছের কোলিওপটাইলের অগ্রভাগ ছেদ করিলে ইহার বৃদ্ধি ব্যাহত হয় কিন্তু কর্তিত খণ্ডটি অথবা অনুরূপ কোলিওপটাইলের অগ্রভাগ উহার উপর স্থাপন করিলে প্রায় স্বাভাবিক কোলিওপটাইলের ন্যায় বৃদ্ধির হার পরিলক্ষিত হয়। ইহার পরে F. F. Went (এফ. এফ. ওয়েন্ট) নামক

বিজ্ঞানী প্রমাণ করেন যে, বর্ধিষ্ণু অগ্রভাগেই বৃদ্ধিসহায়ক পদার্থ গঠিত হয় এবং ইহা নিম্নাভিমুখে সঞ্চারিত হয়। তিনি কতকগুলি জই গাছের অগ্রভাগ ছেদ করিয়া তিন শতাংশ agar (এগার) দ্রবণের অতি পাতলা স্তর প্রস্তুত করিয়া ইহাদিগকে রাখিয়াছিলেন। পরে উহা হইতে কোলিওপটাইলের অগ্রভাগগুলিকে অপসারণ করিয়া কতকগুলি সম আয়তনবিশিষ্ট ক্ষুদ্র agar blocks (এগার ব্লক) প্রস্তুত করিয়াছিলেন। এখন এগার ব্লকগুলিকে কোলিওপটাইলের অগ্রভাগে স্থাপন করিয়া লক্ষ্য করেন যে, অপসারিত অংশের অনুপস্থিতিতেও ইহার বৃদ্ধি দ্রুত হয়। এমনকি ব্লকটিকে কর্তিত কোলিওপটাইলের এক পার্শ্বে রাখিলেই ঐ পার্শ্বটি বাঁকিয়া যায়। ইহার প্রমাণস্বরূপ বলা যায় যে, এগার ব্লকের উপস্থিতিতে কোষপ্রাচীরের সম্প্রসারণ-শীলতা বাড়িয়া যায় যাহার ফলে উক্ত অঞ্চল বর্ধিত হয়।

হর্মোনের ঘনত্ব বিভিন্ন হইলে, বিভিন্ন উদ্ভিদের ক্ষেত্রে উহাদের বৃদ্ধিও বিভিন্ন হয়। সাধারণত ঘনত্ব কম হইলে বৃদ্ধি দ্রুত হয় এবং ঘনত্ব অধিক হইলে বৃদ্ধি ব্যাহত হয়।

বৃদ্ধিসহায়ক পদার্থের কৃষিকার্যে বহু প্রকার প্রয়োজনীয়তা দেখা যায়। কোনো কোনো ক্ষেত্রে ইহা হইতে নানাপ্রকার রাসায়নিক পদার্থের সৃষ্টি হয় যাহা সার ছত্রাক নিরোধক ঔষধ ও কীটপতঙ্গ নিরোধক ঔষধ অপেক্ষা অধিকতর কার্যকরী। Phenoxyacetic acid (ফেনোক্সি অ্যাসিটিক অ্যাসিড) নামক এক প্রকার বৃদ্ধিসহায়ক পদার্থ স্বল্প খরচে প্রস্তুত করা সম্ভব এবং অতি সামান্য ঘনত্বে ইহা অধিকতর ক্রিয়াশীল। Indole-butyric acid (ইনডোল-বিউটিরিক অ্যাসিড) প্রভৃতির প্রয়োগে যে-সকল উদ্ভিদের মূল খাদ্যরূপে ব্যবহৃত হয় তাহার দ্রুত বৃদ্ধি পায়। কয়েক প্রকার বৃদ্ধি-সহায়ক পদার্থের প্রয়োগে বীজবিহীন ফল উৎপাদন সম্ভবপর। কোনো কোনো ক্ষেত্রে ইহার সাহায্যে পুষ্প উৎপাদন করা সম্ভব হইয়াছে।

2. *Water* (জল)—একটি জীবিত কোষে শতকরা প্রায় 40 ভাগ ওজনের জল থাকে। জলশোষণে কোষপ্রাচীর প্রসারিত হয়। বৃদ্ধির সময় উদ্ভিদ শুধু যে জল শোষণ করে তাহাই নহে, রসস্ফীতির দ্বারা উহা ধারণ করিয়া রাখে। সেইজন্য জলশোষণ-হার প্রস্বেদন-হার অপেক্ষা অধিক। জলের সরবরাহ কম হইলে বৃদ্ধির ব্যাঘাত ঘটে।

3. *Nutrition* (পুষ্টি)- উদ্ভিদের বর্ধমান অঞ্চলের জন্য পুষ্টিকর খাদ্যের

প্রয়োজন, কারণ পুষ্টিকর খাদ্য হইতে ইহা শুধু যে গঠনমূলক পদার্থ সংগ্রহ করে তাহাই নহে, বৃদ্ধির জন্য প্রয়োজনীয় শক্তিও আহরণ করে।

4. *Bios* (বিয়স)—উদ্ভিদের সুষ্ঠু বৃদ্ধির জন্য কতকগুলি অতি প্রয়োজনীয় পুষ্টিকর পদার্থের প্রয়োজন হয়। ইহারা প্রাণীর ক্ষেত্রে vitamins (ভিটামিন)-এর সমতুল্য। ইহা অতি জটিল রাসায়নিক পদার্থের সমষ্টি।

5. *Enzymes* (এনজাইম)—বৃদ্ধির সময় বিপাকীয় পরিবর্তন ঘটাইতে বিভিন্ন প্রকার এনজাইমের প্রয়োজন। এই সমন্ধে পরবর্তী অধ্যায়ে আলোচনা করা হইয়াছে।

———

দ্বাদশ অধ্যায়

চলন

(Movements)

পূর্বে মনে করা হইত উদ্ভিদের কোনো গতি নাই। এই বিশিষ্ট ধর্মের জন্যই প্রাণীর সহিত উদ্ভিদের পার্থক্য গণ্য করা হইত। কিন্তু অধুনা নিশ্চিত-রূপে প্রমাণিত হইয়াছে, উদ্ভিদের অঙ্গপ্রত্যঙ্গের চলন আছে এবং কোনো কোনো ক্ষেত্রে সম্পূর্ণ উদ্ভিদটির স্থানান্তরে যাইবার ক্ষমতা আছে।

উদ্ভিদের চলনকে প্রধানত **দুই** শ্রেণীতে ভাগ করা যায়—(1) movements of locomotion (গমন) ও (2) movements of curvature (বক্রচলন)।

I. Movements of locomotion (গমন)

উচ্চশ্রেণীর উদ্ভিদ মূলদ্বারা মৃত্তিকাতে দৃঢ়ভাবে আবদ্ধ থাকে, সুতরাং ইহাদের চলচ্ছক্তি চিরতরে নষ্ট হইয়া গিয়াছে। কেবলমাত্র নগ্ন প্রোটোপ্লাজমের ও এককোষী উদ্ভিদের মন্থর গমন আছে। গমন **দুই** প্রকার—protoplasmic (প্রোটোপ্লাজমিক) ও tactic (ট্যাক্টিক)।

1. Protoplasmic movements (প্রোটোপ্লাজমিক গমন)—প্রোটো-প্লাজমিক গমন **তিন** প্রকার—cyclosis (আবর্তন), ciliary (সিলিয়ারী) ও amoeboid (অ্যামিবয়েড)। ইহাদের বিষয়ে কলাস্থানের প্রথম অধ্যায়ে বর্ণনা করা হইয়াছে।

2. Tactic movements or taxism (ট্যাক্টিক গমন বা ট্যাক্সিজম)—এই প্রকার গমনে মুক্ত গাছটি বাহিরের উত্তেজনাবশত একস্থান হইতে অপর স্থানে যায়। আলোক, রাসায়নিক দ্রব্য প্রভৃতি কারণে গমন হইতে পারে এবং গমনকে যথাক্রমে phototaxy (ফোটোট্যাক্সি), chemotaxy (কিমোট্যাক্সি) ইত্যাদি বলা হয়।

A. PHOTOTAXIS (ফোটোট্যাক্সি)

এই প্রকার গমনে মুক্ত উদ্ভিদটি আলোকের উত্তেজনাবশত এক স্থান হইতে অপর স্থানে যায়। সকল গতিবিশিষ্ট শেওলা কম-বেশি ফোটোট্যাক্টিক। ইহারা ক্ষীণ আলোকে আকৃষ্ট হয়, কিন্তু প্রখর আলোকে দূরে চলিয়া যায়।

B. CHEMOTAXY (**কিমোট্যাক্সি**)

এই প্রকার গমনে উদ্ভিদটি রাসায়নিক দ্রব্যের উত্তেজনাবশত এক স্থান হইতে অপর স্থানে যায়। Archegonium (স্ত্রীধানী) হইতে নিঃসৃত রাসায়নিক দ্রব্যের দ্বারা spermatozoids (শুক্রাণু) আকৃষ্ট হয়। এইরূপে ফার্ন গাছের শুক্রাণু ম্যালিক অ্যাসিড দ্বারা ও মস গাছের শুক্রাণু দ্রাক্ষা শর্করা দ্বারা আকৃষ্ট হয়।

II. Movements of curvature (**বক্রচলন**)

যদিও উচ্চশ্রেণী উদ্ভিদের এক স্থান হইতে অপর স্থানে গমন করিবার শক্তি নাই, তথাপি তাহাদের অঙ্গপ্রত্যঙ্গের আংশিক চলন আছে। তাহাদের অঙ্গগুলি যথাযথ কার্য করিবার জন্য বক্র হয়। উদ্ভিদ অঙ্গের এই প্রকার চলনকে *movements of curvature* (বক্রচলন) বলে। বক্রচলন বাহিরের উত্তেজনাবশত হইতে পারে অথবা না হইতেও পারে। এই চলন **দুই** প্রকার : (1) autonomous movements (স্বতশ্চলন) ও (2) induced movements (আবিষ্ট চলন)।

1. Autonomous movements (**স্বতশ্চলন**)

এই প্রকার চলন বাহিরের উত্তেজনাবশত হয় না। সকল চারাগাছে, তরুণ আকর্ষ, পাতা প্রভৃতিতে এই প্রকার চলন দেখা যায়। স্বতশ্চলন দুই প্রকার—movements of growth (বৃদ্ধিজ চলন) ও movements of variation (প্রকরণ চলন)।

A. *Movements of growth* (বৃদ্ধিজ চলন)—বৃদ্ধির সময় কতকগুলি অঙ্গের যে চলন দেখা যায়, তাহাকে *growth movements* (বৃদ্ধিজ চলন) বলে। ইহা **চারি** প্রকার—hyponasty (হাইপোন্যাস্টি), epinasty (এপিন্যাস্টি), nutation (বলন), ও circumnutation (পরিবলন)। ইহাদের সম্বন্ধে পূর্ব অধ্যায়ে আলোচনা করা হইয়াছে।

B. *Movements of variation* (প্রকরণ চলন)—সময় সময় কোষের রসস্ফীতির ব্যতিক্রমের জন্য সম্পূর্ণ বৃদ্ধিপ্রাপ্ত পত্রের চলন হয়। এই প্রকার চলনকে *variation movements* (প্রকরণ চলন) বলে। ইহা Telegraph plant (বনচাঁড়াল বা গোরাচাঁদ) নামক উদ্ভিদে দেখিতে পাওয়া যায়। ইহার ত্রিফলক পত্রের পার্শ্ববর্তী ফলক দুইটি পর্যায়ক্রমে উঠা-নামা করে।

2. Induced movement (**আবিষ্ট চলন**)

আবিষ্ট চলন বাহিরের উত্তেজনাবশত হয়।

(সজীব প্রোটোপ্লাজমে বাহিরের উত্তেজনায় সাড়া দেওয়ার ধর্মকে *irritability* (উত্তেজিত্ব) বলে। এই ধর্মের জন্য উদ্ভিদ বা ইহার কোনো অঙ্গ বাহিরের উত্তেজনার সহিত একতা সহকারে বাস করিতে সক্ষম।)

আবিষ্ট চলন **দুই** প্রকার—(A) tropic (ট্রোপিক) ও (B) nastic (ন্যাস্টিক)।

A. Tropic movements or tropism (ট্রোপিক চলন বা ট্রোপিজম)

যে চলনে উদ্ভিদ অঙ্গের গতিপথ উত্তেজনার গতিপথ অনুসারে হয়, তাহাকে *tropic movements* or *tropism* (ট্রোপিক চলন বা ট্রোপিজম) বলে। আলোক, অভিকর্ষ, জল, সংস্পর্শ, রাসায়নিক দ্রব্য প্রভৃতির নানা প্রকার উত্তেজনা আছে এবং ইহাদের দ্বারা যে চলন হয় তাহাদিগকে যথাক্রমে phototropism (ফোটোট্রোপিজম), geotropism (জিওট্রোপিজম), hydrotropism (হাইড্রোট্রোপিজম), haptotropism (হ্যাপটোট্রোপিজম), chemotropism (কিমোট্রোপিকম) ইত্যাদি বলে।

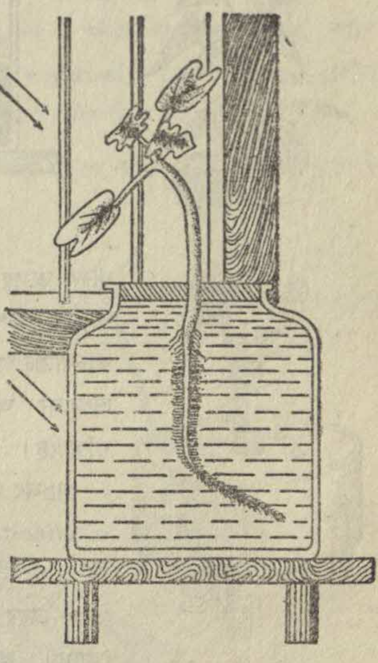
1. Phototropism (ফোটোট্রোপিজম)—যে চলনে উদ্ভিদ অঙ্গের গতিপথ আলোকের গতিপথ অনুসারে হয় তাহাকে **ফোটোট্রোপিজম** বা **আলোকবৃত্তি** বলে। কাণ্ড সাধারণত আলোকের দিকে যায় ও আলোকরশ্মির সহিত সমান্তরাল থাকে। মূল, বিশেষত তরুণ মূল, আলোকের উৎসের বিপরীত দিকে যায় কিন্তু আলোকরশ্মির সহিত সমান্তরাল থাকে। পত্রগুলি আলোকরশ্মির সহিত লম্বভাবে থাকে। এই প্রকারে আভিভূত অঙ্গগুলিকে phototropic (আলোকবর্তী) বলে। কাণ্ড আলোর দিকে যায় বলিয়া ইহাকে *positively phototropic* (অভীগ আলোকবর্তী) বলে। মূল আলোকের উৎস হইতে দূরে চলিয়া যায় বলিয়া ইহাতে *negatively phototropic* (প্রতীপ আলোকবর্তী) বলে। পত্রগুলি আলোকরশ্মির সহিত লম্বভাবে থাকে বলিয়া ইহাকে *transversely phototropic* (তির্যক আলোকবর্তী) বলে।

এই প্রকার চলনের জন্য মূল মৃত্তিকার নিচে যাইয়া উদ্ভিদকে মাটির সহিত দৃঢ়ভাবে আবদ্ধ করে ও প্রচুর জল শোষণ করিতে সাহায্য করে। কাণ্ড

উপরের দিকে যাইয়া পাতাগুলিকে উপযুক্ত আলোকে ধারণ করে এবং সালোকসংশ্লেষ করিতে সাহায্য করে।

৪৭নং পরীক্ষা (৯৪নং চিত্র)—ফোটোট্রপিজম (৯৪নং চিত্র)—একটি কাচের বোতল লও এবং ইহাতে normal culture solution (উপযুক্ত পোষক দ্রবণ) ঢাল। একটি ছিদ্রযুক্ত ছিপির দ্বারা ইহার মুখ বন্ধ কর এবং পরে ঐ ছিদ্রের ভিতর দিয়া একটি সরিষা বা ভুট্টার চারাগাছ এরূপভাবে প্রবেশ করাও যাহাতে মূলটি পোষক দ্রবণের মধ্যে ডুবিয়া থাকে। এইবার বোতলটিকে একটি আলোকিত জানালার নিকটে রাখ। কয়েক দিন পরে দেখিবে কাণ্ডটি জানালার দিকে বাঁকিয়াছে, মূল উহার বিপরীত দিকে বাঁকিয়াছে এবং পাতাগুলি আলোকরশ্মির সহিত লম্বভাবে আছে।

বোতলটিকে একটি phototropic chamber (বড় ছিদ্রযুক্ত কালো রং)-এর বাক্সের মধ্যে রাখিলেও উক্ত প্রকার ফল পাওয়া যাইবে।

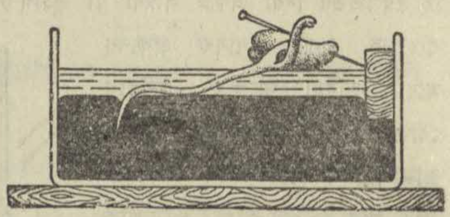


৯৪নং চিত্র—ফোটোট্রপিজম

2. *Geotropism* (জিওট্রোপিজম)—যে চলনে উদ্ভিদ অঙ্গের গতিপথ অভিকর্ষের গতিপথ অনুসারে হয় তাহাকে **জিওট্রোপিজম** বা **অভিকর্ষাবৃত্তি** বলে। প্রধান মূলকে *positively geotropic* (অভীগ অভিকর্ষাবর্তী) বলে, কারণ ইহা অভিকর্ষের দিকে যায় এবং উহার গতিপথের সহিত সমান্তরাল থাকে। কাণ্ডকে *negatively geotropic* (তির্যক অভিকর্ষাবর্তী) বলে, কারণ ইহা অভিকর্ষের উৎসের (অর্থাৎ পৃথিবীর কেন্দ্রের) বিপরীত দিকে যায় কিন্তু উহার গতিপথের সহিত সমান্তরাল থাকে। পার্শ্বীয় মূল ও শাখাকে *transversely geotropic* (তির্যক অভিকর্ষাবর্তী) বলে, কারণ ইহারা অভিকর্ষের সহিত লম্বভাবে থাকে।

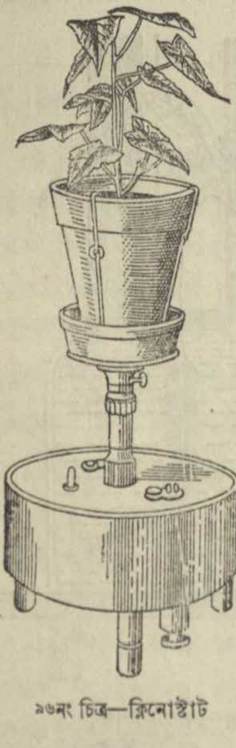
এই প্রকার চলনের জন্য মৃত্তিকার ভিতরে যথাসম্ভব স্থান অধিকার করে এবং উদ্ভিদকে মৃত্তিকার সহিত দৃঢ়ভাবে আবদ্ধ করে।

৪৮নং পরীক্ষা ঃ জিওট্রোপিজম (৯৫নং চিত্র)—একটি ছোট চারিকোণা কাচপাত্রের ভিতর দিকে একটি কর্ক প্যারাফিনের সাহায্যে সংলগ্ন কর এবং ইহার মধ্যে কিছু পারদ ঢাল। এখন একটি অঙ্কুরিত শিম বীজকে আলপিনের সাহায্যে কর্কের সহিত এরূপভাবে আটকাও যেন ভ্রূণমূলটি



৯৫নং চিত্র—জিওট্রোপিজম

পারদ তলের সহিত সমান্তরাল থাকে। এইবার পারদের উপর কিছু পরিমাণে জল ঢাল এবং কাচপাত্রটি অন্ধকারে রাখ। 2-3 দিন পরে দেখিবে ভ্রূণমূলের আগাটি বাঁকিয়া পারদের মধ্যে প্রবেশ করিয়াছে।



৯৬নং চিত্র—ক্লিনোষ্টাট

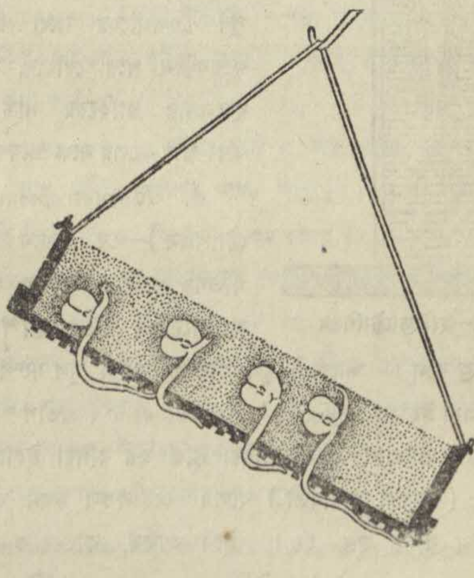
৪৯নং পরীক্ষা ঃ জিওট্রোপিজম ঃ *klinostat or clinostat* (ক্লিনোস্টাট দ্বারা, ৯৬নং চিত্র—ক্লি নো স্টা ট যন্ত্র একটি ধাতব দণ্ড, যাহার উপরে টবের গাছ রাখিবার জন্য একটি ধাতব পাত্র আছে। পাত্রটিতে টবের গাছটিকে দৃঢ়ভাবে ধরিয়া রাখিবার এইরূপ বন্দোবস্ত আছে যাহাতে দণ্ডটি খাড়াভাবে বা ভূমিতলের সহিত সমান্তরাল রাখিলেও ইহা পড়িয়া যায় না। দণ্ডটির নিচে clock-work arrangement (ঘড়ির ন্যায় এক প্রকার যন্ত্র) আছে যাহার সাহায্যে দণ্ডটিকে ঘুরান যায়। এই প্রক্রিয়াটিকে দণ্ডসংলগ্ন একটি স্ক্রু-এর সাহায্যে সম্পন্ন করা হয়। ঘড়িযন্ত্রটি তিনটি lavelling screw (লেবেল স্ক্রু)-এর উপর দণ্ডায়মান থাকে।

প্রথমে টবের গাছটিকে ভূমিতলের সহিত সমান্তরাল রাখিয়া যন্ত্রটিকে দ্রুত ঘুরাও। দেখিবে, গাছটি সমান্তরালভাবে বৃদ্ধি পায়, কারণ ইহার প্রত্যেক

অংশের উপর gravity (অভিকর্ষ) সমভাবে ক্রিয়া করে। এখন গাছটিকে খাড়াভাবে রাখ এবং যন্ত্রটিকে মন্থরগতিতে ঘুরাও। দেখিবে, গাছটি খাড়াভাবে বর্ধিত হয়। এইবার যন্ত্রটিকে দ্রুত ঘুরাও। দেখিবে, কাণ্ড ও মূল উভয়েই বক্রভাবে থাকে, কারণ এখন অভিকর্ষ ও centrifugal force (অপকেন্দ্র বল) কার্যকরী হয়।

3. *Hydrotropism* (হাইড্রোট্রোপিজম)—যে চলনে উদ্ভিদ অঙ্গের গতিপথ জলের প্রভাব অনুসারে হয় তাহাকে **হাইড্রোট্রোপিজম** বা **জলবৃত্তি** বলে। মূলকে *positively hydrotropic* (অভিগ জলাবর্তী) বলে, কারণ ইহা জলের দিকে যায়। কাণ্ডকে *negatively hydrotropic* (প্রতীপ জলাবর্তী) বলে, কারণ ইহা জলের উৎসের বিপরীত দিকে যায়।

এই প্রকার চলনের জন্য মূল মৃত্তিকা হইতে যথেষ্ট পরিমাণে জল শোষণ করিতে পারে।

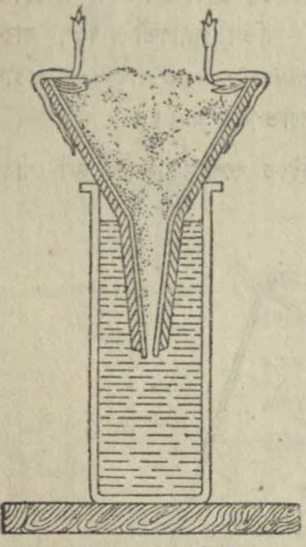


৯৭নং চিত্র—হাইড্রোট্রপিজম

৫০নং পরীক্ষা : হাইড্রোট্রোপিজম (৯৭নং চিত্র)—একটি চালুনিকে কাঠের গুঁড়াদ্বারা পূর্ণ কর এবং ইহাতে কতকগুলি মটর বীজ বপন কর। এখন কাঠের গুঁড়াকে ভিজাও ও চালুনিটিকে হেলানভাবে একটি পেরেক

হইতে ঝুলাও। কয়েক দিন পরে দেখিবে, চারাগাছগুলির মূলাগ্র চালুনির রন্ধ্রের ভিতর দিয়া বাহির হইয়া নিচের তলে প্রবেশ করে ও উপরে উঠিতে থাকে। কিন্তু শীঘ্রই উপর দিকে উঠে ও চালুনির নিচের তলে তলাইয়া যায়।

৫১নং পরীক্ষা ঃ হাইড্রোট্রোপিজম (৯৮নং চিত্র)—কতকগুলি বড় চৌকা ফিলটার কাগজ লইয়া একটি ফানেলের বহির্ভাগ আবৃত কর। আর একটি ফিলটার কাগজ ভাঁজ করিয়া ফানেলের মধ্যে রাখ। এখন ফানেলটি ভিজা তুলা দিয়া পূর্ণ কর এবং কতগুলি অঙ্কুরিত ভুট্টার দানা ফানেলের কিনারার নিকটে স্থাপন কর। এইবার ফানেলটিকে একটি জলপূর্ণ বীকারের উপর রাখ এবং ফানেল সমেত বীকারটিকে কোনো আর্দ্র স্থানে রাখ, তবে ভিজা মস গাছ-পূর্ণ বেলজারের মধ্যে রাখা বাঞ্ছনীয়। কয়েকদিন পরে দেখিবে, মূলগুলি প্রথমে ফানেলের বাহিরের গাত্র বহিয়া যায় এবং পরে জলের মধ্যে প্রবেশ করে।



৯৮নং চিত্র—হাইড্রোট্রোপিজম

4. *Haptotropism* (হাপটো-ট্রোপিজম)—যে চলনে উদ্ভিদ অঙ্গের গতিপথ কোনো দ্রব্যের স্পর্শের প্রভাব অনুসারে হয় তাকে **হাপটোট্রোপিজম** বা **স্পর্শাবৃত্তি** বলে। আরোহী মূল ব্যতীত সকল মূল সংস্পর্শের তল হইতে দূরে যায় বলিয়া ইহাকে *negatively haptotropic* (প্রতীপ স্পর্শাবর্তী) বলে। বল্লী ও আকর্ষ সংস্পর্শের তল বাহিয়া বৃদ্ধি হয় বলিয়া ইহাকে *positively haptotropic* (অভিগ স্পর্শাবর্তী) বলে। এই সকল চলন অঙ্গের বৃদ্ধি দুই পার্শ্বের অসমান বৃদ্ধির জন্য হয়। ইহা আকর্ষ, কাণ্ডবেষ্টক প্রভৃতি ক্ষেত্রে দেখিতে পাওয়া যায়। ইহাতে উদ্ভিদ অঙ্গের যে পার্শ্বটি প্রকৃতপক্ষে স্পর্শ করে তাহা বিপরীত পার্শ্ব অপেক্ষা স্বল্প বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়, যাহার ফলে ক্রমশ অঙ্গটি কোনো পদার্থকে বেষ্টন করিতে থাকে।

5. *Chemotropism* (কিমোট্রোপিজম)—যে চলনে উদ্ভিদ অঙ্গের গতি-পথ রাসায়নিক দ্রব্যের প্রভাব অনুসারে হয়, তাহাকে **কিমোট্রোপিজম** বলে।

ডিম্বক হইতে নিঃসৃত মিষ্টরসের প্রভাবে পরাগনল উহার দিকে যায়। বায়ুর অক্সিজেনের প্রভাবে শ্বাসমূল মৃত্তিকার উপরে উঠে।

B. NASTIC MOVEMENTS (ন্যাস্টিক চলন)

উত্তেজনার তীব্রতা অনুসারে উদ্ভিদ অঙ্গের এই প্রকার চলন হয়, কিন্তু ইহাতে উত্তেজনার গতিপথের কোনো প্রভাব থাকে না। ন্যাষ্টিক চলন **তিন** প্রকার—(1) nyctinastic (নিক্‌টিন্যাষ্টিক), (2) chemonasty (কিমোন্যাষ্টি) ও (3) seismonasty (সিস্‌মোন্যাষ্টিক)।

1. Nyctinastic movements (নিক্‌টিন্যাষ্টিক চলন)—এই প্রকার চলন আলোক, তাপ অথবা উভয়ের তীব্রতার ব্যতিক্রমের জন্য হয়। ইহা সাধারণত পত্রে ও পুষ্পে দেখিতে পাওয়া যায়। এই প্রকার চলন **তিন** রকমের—(*a*) photonasty (ফটোন্যাষ্টি), (*b*) thermonasty (থারমোন্যাষ্টি) ও (c) nyctinasty (নিক্‌টিন্যাষ্টি)।

(*a*) *Photonasty* (ফোটোন্যাষ্টি)—পদ্ম, সূর্যমুখী প্রভৃতি ফুল আলোকে উন্মুক্ত হয়, কিন্তু অন্ধকারে মুদিয়া যায়। পরন্তু হাস্‌নাহানা, যুঁই প্রভৃতি ফুল বিপরীতভাবে কার্য করে।

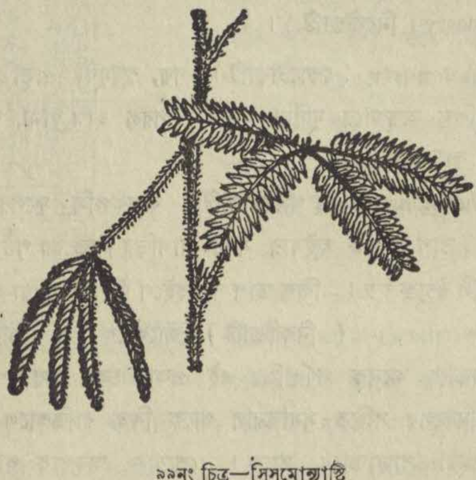
(*b*) *Thermonasty* (থারমোন্যাষ্টি) কতকগুলি ফুলের এই প্রকার চলন আছে। তাপ বর্ধিত হইবার সময় পাপড়ির ভিতরের পৃষ্ঠ দ্রুত বর্ধিত হয়, সুতরাং ফুলগুলি উন্মুক্ত হয়। কিন্তু তাপ কম হইলে উহারা মুদিয়া যায়।

(*c*) *Nyctinasty* (নিকটিন্যাষ্টি)—আলোকে ও তাপের, বিশেষত আলোকের প্রভাবে অনেক পর্ণরাজির এই প্রকার চলন হয়। দিনের বেলায় পাতাগুলি ভূমিতলের সহিত সমান্তরাল থাকে কিন্তু রাত্রিকালে উহারা উপরে বা নীচে যাইয়া খাড়াভাবে থাকে। শেষোক্ত অবস্থায় পাতাগুলির উপর আলোক প্রয়োগ করিলে উহারা পুনরায় পূর্বাবস্থা প্রাপ্ত হয়। অত্যধিক তাপ বা দীপনমাত্রার জন্য পাতার এই প্রকার চলন হয়।

Use of nyctinastic movements or *sleep movements* (নিক্‌টিন্যাষ্টিক চলনের আবশ্যকতা)—এই প্রকার চলনের জন্য ফুল উহার ভিতরকার অংশগুলিকে তাপ, শৈত্য, শিশির ও বৃষ্টি হইতে রক্ষা করে। প্রখর সূর্যরশ্মির প্রভাবে যাহাতে ক্লোরোফিল বিশ্লিষ্ট না হয়, সেইজন্য পাতা দিনের বেলায় খাড়াভাবে থাকে। রাত্রিকালে যাহাতে অধিক পরিমাণে তাপ বিকীরণ না হয় সেইজন্য পাতা খাড়াভাবে থাকে।

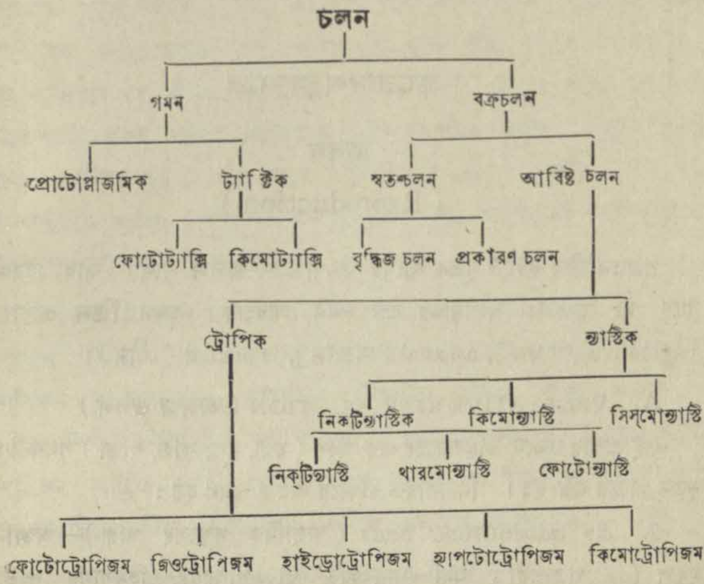
2. *Chemonasty* (কিমোন্যাষ্টি) রাসায়নিক দ্রব্যের তীব্রতার প্রভাবে যে চলন হয় তাহাকে **কিমোন্যাস্টি** বলে। তরুণ আকর্ষের যে স্থানে ঈথার, ক্লোরোফর্ম, অ্যামোনিয়া প্রভৃতি রাসায়নিক দ্রব্যের বাষ্প প্রয়োগ করা হয় উহার সেই দিক বক্র হয়। Sundew (রৌদ্রশিশির)-এর পাতার কেন্দ্রস্থানে কোনো দ্রবীভূত প্রোটিন স্থাপন করিলে উহার tentacles (কর্ষিকাগুলি) সেই দিকে যায়।

3. *Seismonasty* (সিস্‌মোন্যাষ্টি)—স্তম্ভক উত্তেজনার (যথা—আঘাত ইত্যাদি) প্রভাবে যে চলন হয়, তাহাকে **সিস্‌মোন্যাস্টি** বলে। লজ্জাবতী লতা ইহার প্রকৃষ্ট উদাহরণ। ইহার পাতা স্পর্শ করিলে পত্রকগুলি হঠাৎ বন্ধ হইয়া ঝুলিয়া পড়ে (৯৯নং চিত্র)। আঘাতের উত্তেজনা



৯৯নং চিত্র—সিস্‌মোন্যাষ্টি

সঙ্কোচন অঙ্গে প্রেরিত হইয়া চলন প্রদর্শিত হয়। *Martynia* (বাঘনখ), *Begonia* (বিগোনিয়া) প্রভৃতির গর্ভমুণ্ডের খণ্ড দুইটি উত্তেজিত হইলে উহারা হঠাৎ বন্ধ হইয়া যায়। *Barbery* (দারুহরিদ্রা), *Portulaca* (নুনেশাক) প্রভৃতির পুংকেশর অত্যন্ত অনুভব-শক্তিবিশিষ্ট। কোনো পতঙ্গ ইহাকে স্পর্শ করিলে পরাগকোষ ফাটিয়া গিয়া উহার দেহ রেণুদ্বারা আবৃত হয়। ইহা হইতে বলা যায় যে, সিসমোন্যাষ্টি হাপটোট্রোপিজমের চরম অবস্থা।


চলন
গমন
বক্রচলন
প্রোটোপ্লাজমিক
ট্যাক্টিক
স্বতশ্চলন
আবিষ্ট চলন
ফোটোট্যাক্সি
কিমোট্যাক্সি
বৃদ্ধিজ চলন
প্রকারণ চলন
ট্রোপিক
ন্যাস্টিক
নিকটিন্যাস্টিক
কিমোন্যাস্টি
সিস্মোন্যাস্টি
নিক্‌টিন্যাস্টি
থারমোন্যাস্টি
ফোটোন্যাস্টি
ফোটোট্রোপিজম
জিওট্রোপিজম
হাইড্রোট্রোপিজম
হ্যাপটোট্রোপিজম
কিমোট্রোপিজম

ত্রয়োদশ অধ্যায়

জনন

(Reproduction)

পুরাতন জীব হইতে নূতন জীবের উৎপত্তিকে **জনন** বলে। জীব চিরকাল বাঁচে না সুতরাং বংশবৃদ্ধির জন্য জনন আবশ্যক। জনন **তিন** প্রকার—vegetative (অঙ্গজ), asexual (অযৌন), ও sexual (যৌন)।

A. VEGETATIVE REPRODUCTION (**অঙ্গজ জনন**)

এই প্রকার জননে উদ্ভিদদেহের এক অংশ (যথা, মূল, কাণ্ড, পাতা) পৃথক হইয়া নূতন গাছের জন্ম হয়। নিম্নলিখিত প্রকারে অঙ্গজ জনন হয় :

1. *By adventitious buds* (অস্থানিক মুকুলের দ্বারা)—অস্থানিক মুকুল (*a*) পত্রাশয়ী ; যথা—পাথরকুচি বা পাথরচুর, হিমসাগর প্রভৃতি (*b*) মূলজ, যথা—পটোল, কচুরিপানা প্রভৃতি ; ও (*c*) কাণ্ডজ হয়। এই সকল মুকুল হইতে নূতন গাছ উৎপন্ন হয়।

2. *By fleshy roots* (রসাল মূলদ্বারা)—ডালিয়া, শতমূলী প্রভৃতির রসাল মূলের দ্বারা নূতন গাছ উৎপন্ন হয়।

3. *By underground stems* (মৃদ্গত কাণ্ডের দ্বারা)—রাইজোম, করম্ প্রভৃতি মৃদ্গত কাণ্ডের দ্বারা নূতন গাছ উৎপন্ন হয়।

4. *By subaerial stems* (অর্ধবায়ব কাণ্ডের দ্বারা)—রানার, স্টোলন প্রভৃতি অর্ধবায়ব কাণ্ডের দ্বারা নূতন গাছ উৎপন্ন হয়।

5. *By bulbils* (বুলবিলের দ্বারা)—চুপড়ি আলু, *Globba* (কন্দপুষ্প) প্রভৃতি গাছ বুলবিলের সাহায্যে নূতন গাছ উৎপন্ন করে।

উক্ত প্রকার স্বাভাবিক উপায় ব্যতীত নিম্নলিখিত কৃত্রিম উপায়ে নূতন গাছ উৎপন্ন হইতে পারে :

6. *By cutting* (শাখাকলম দ্বারা)—গাঁদা, জবা প্রভৃতি গাছের শাখা কাটিয়া মাটিতে রোপণ করিলে নূতন গাছ উৎপন্ন হয়।

7. *By grafting* (জোড়কলম দ্বারা)—অনেক ফলবান গাছের বীজের দ্বারা নূতন গাছ ভালোরূপে উৎপন্ন হয় না। অনেক ক্ষেত্রে বীজ হইতে যে

চারাগাছ জন্মায় তাহার ফলের গুণ (আস্বাদ, গন্ধ প্রভৃতি) মাতৃগাছের ফলের ন্যায় হয় না। সুতরাং জোড়কলম দ্বারা নূতন গাছ উৎপন্ন করিতে হয়। এই প্রক্রিয়ায় যে গাছের জোড়কলম বাঁধিতে হইবে তাহার একটি শাখা বক্রভাবে কাটিয়া একই প্রকার চারাগাছের কাণ্ড বক্রভাবে কাটিয়া তাহার ভিতরে প্রবেশ করাইতে হয়। এই ক্ষেত্রে চারাগাছটিকে stock (স্টক্) বলে এবং মূল গাছটিকে scion (সীয়ন) বলে। উভয় শাখার ক্যাম্বিয়মের সংযোগ ভালো হইলে আশানুরূপ ফল পাওয়া যায়।

8. *By layering* (দাবাকলম দ্বারা)—এই প্রক্রিয়ায় একটি শাখা বাঁকাইয়া উহার পর্বটি বালুকাময় মৃত্তিকার সহিত আবদ্ধ করিয়া উত্তমরূপে জলসিঞ্চন করিতে হয়। শাখাটিকে বাঁকাইয়া মৃত্তিকা স্পর্শ করিতে না পারিলে উহাকে ভাঙ্গা টব পূর্ণ বালুকাময় মৃত্তিকার সহিত সংলগ্ন করিয়া জলসিঞ্চন করিতে হয়। যথাকালে পর্ব হইতে অস্থানিক মূল বাহির হয়। এখন শাখাটিকে কাটিয়া মাটিতে রোপণ করিলে নূতন গাছ উৎপন্ন হয়।

B. ASEXUAL REPRODUCTION (**অযৌন জনন**)

রেণুদ্বারা অযৌন জনন হয়। যে এককোষী অযৌন জননকোষ হইতে নূতন গাছ উৎপন্ন হয় তাহাকে spore (রেণু) বলে। ছত্রাকে gametophyte (লিঙ্গধর) উদ্ভিদের sporangia (রেণুস্থলী) নামক কোষগুলির মধ্যে রেণু উৎপন্ন হয়। শেওলার রেণু সাধারণত ফ্ল্যাজেলাযুক্ত হয় বলিয়া ইহাকে zoospore (চলরেণু) বলে। ব্রাইওফাইটা, টেরিডোফাইটা ও spermaphyta (রেণুধর উদ্ভিদ)-এ রেণু কেবলমাত্র sporophyta (রেণুধর উদ্ভিদ)-এর উপর উৎপন্ন হয়। থ্যালোফাইটা, ব্রাইওফাইটা এবং অধিকাংশ টেরিডোফাইটায় রেণু একই প্রকারের হয় এবং উদ্ভিদদিগকে homosporous (সমরেণুপ্রসূ) বলে। কয়েকটি টেরিডোফাইটায় ও সবীজ উদ্ভিদে রেণু বিভিন্ন প্রকারের হয় এবং উদ্ভিদদিগকে heterosporous (অসমরেণুপ্রসূ) বলে। পুং-রেণুকে microspore (মাইক্রোস্পোর) বা **পুং-রেণু** এবং স্ত্রী-রেণুকে megaspore (মেগাস্পোর) বা **স্ত্রী-রেণু** বলে। মনে রাখিতে হইবে যে, রেণু লিঙ্গধর উদ্ভিদের প্রারম্ভিক অবস্থা।

C. SEXUAL REPRODUCTION (**যৌন জনন**)

গ্যামেট বা জননকোষ দ্বারা যৌন জনন হয়। এই বৈশিষ্ট্যযুক্ত কোষকে gamete (গ্যামেট) বা জননকোষ বলে। কিন্তু ইহা অঙ্কুরিত হইয়া কোনো নূতন উদ্ভিদ উৎপন্ন করিতে পারে না। তবে দুইটি গ্যামেটের মিলনে নূতন উদ্ভিদ

উৎপন্ন হয়। জননকোষগুলি অবিভিন্ন থাকিলে মিলিত কোষটিকে zygospore (জাইগোস্পোর) এবং প্রক্রিয়াকে conjugation (সংশ্লেষ) বলে। কিন্তু জনন-কোষগুলিকে, পুং- ও স্ত্রী-জননকোষে বিভেদ করিতে পারিলে মিলিত কোষটিকে ভ্রূণাণু বা oospore (উস্পোর) বলে এবং প্রক্রিয়াকে fertilization (নিষেক) বলে। নিম্নশ্রেণীর উদ্ভিদে পুং-জননকোষটি জলের সাহায্যে স্ত্রী-জননকোষের সন্নিকটে আসে কিন্তু উচ্চশ্রেণীর উদ্ভিদের ক্ষেত্রে ইহা পরাগ নালিকার সাহায্যে সম্পাদিত হয়। একই গাছের জননকোষগুলির মিলন ঘটিলে প্রক্রিয়াটিকে self-fertilization (স্বনিষেক) বলে; কিন্তু বিভিন্ন গাছের জননকোষগুলির মধ্যে মিলন ঘটিলে ইহাকে cross-fertilization (পরনিষেক) বলে।

Developmental processes in plants (উদ্ভিদের গঠনমূলক পদ্ধতি)

উদ্ভিদের বৃদ্ধি ও গঠন হইল বিভিন্ন ঘটনা এবং প্রতিটি ঘটনাই নিজ নিজ কারণ দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়। এই সকল কারণগুলি সম্পূর্ণ বিভিন্ন হইতে পারে কিন্তু কোনো একটি ঘটনার কারণগুলি অপর ঘটনার উপর বিরূপ প্রতিক্রিয়া সৃষ্টি করিতে পারে না। রুশদেশীয় বিজ্ঞানী Lysenko (লাইসেঙ্কো) মনে করেন যে, উদ্ভিদের গঠন পাঁচটি বিভিন্ন দশার উপর নির্ভর বরে। এই সকল দশাগুলি ক্রমপর্যায়ে সংঘটিত হয় অর্থাৎ একটি দশার সমাপ্তি ঘটিলে পরবর্তী দশার সূচনা হয়। অধুনা পাঁচটি দশার মধ্যে তিনটির বিষয় জানা গিয়াছে। ইহারা হইল যথাক্রমে—(*a*) the first phase or thermophase (প্রথম দশা বা উষ্ণতা দশা); (*b*) the second phase or photophase (দ্বিতীয় দশা বা আলোক দশা); এবং (*c*) the third phase or gametogenesis (তৃতীয় দশা বা গ্যামেটোজেনেসিস্)। তৃতীয় দশার প্রয়োজনীয় কারণগুলি সম্বন্ধে জানা যায় নাই। জানা গিয়াছে যে, অঙ্কুরিত চারাগাছে (ক্লোরোফিল) উৎপন্ন হইবার সাথেই দ্বিতীয় দশার সূচনা হয়।

লাইসেঙ্কো মনে করেন যে, উদ্ভিদের অঙ্গজ বৃদ্ধিকাল সকল সময়েই স্থির নহে। উদ্ভিদের বৃদ্ধি বলিতে উহার আকার এবং ওজনের বৃদ্ধি এবং ইহার সহিত বিভিন্ন অঙ্গের আকৃতির পরিবর্তন বুঝায়। যে সকল কারণের জন্য উদ্ভিদের এই প্রকার গঠনমূলক পরিবর্তন ঘটে বিভিন্ন উদ্ভিদের ক্ষেত্রে তাহাদের প্রকৃতি ও পরিমাণও বিভিন্ন। লাইসেঙ্কোর মত অনুযায়ী উদ্ভিদের

এই প্রকার গঠনমূলক কারণগুলিকে অঙ্কুরিত বীজ অথবা চারাগাছের উপর প্রয়োগ করা যায়। উদ্ভিদের প্রকৃতি অনুযায়ী প্রয়োগকাল এবং পরিমাণ নির্ভর করে। এই সকল নিরীক্ষার দ্বারা লাইসেঙ্কো এই সিদ্ধান্তে উপনীত হন যে, বীজের অঙ্কুরোদ্গম অথবা চারা অবস্থায় উদ্ভিদের গঠন দশার পরিবর্তন করা সম্ভবপর। অধিকন্তু তিনি এই অভিমত পোষণ করেন যে, অঙ্কুরিত বীজের ক্ষেত্রেই উদ্ভিদের যৌন গঠন সম্পর্কে জানিতে পারা যায় এবং ইহা পরবর্তী বৃদ্ধির দশা হইতে সম্পূর্ণ বিভিন্ন।

উদ্ভিদের বৃদ্ধি ও গঠন নিয়ন্ত্রণ করিতে যে সকল পারিপার্শ্বিক পরিবেশের প্রয়োজন হয় তাহাদের মধ্যে আলোক ও উষ্ণতা প্রধান।

Vernalization (ভারনালিজেশন)

সুপ্ত অবস্থা হইতেই উদ্ভিদের বৃদ্ধি ও গঠন উষ্ণতার উপর বহুলাংশে নির্ভরশীল। রুশদেশীয় বিজ্ঞানী লাইসেঙ্কো এবং তাঁহার সহকর্মিগণ প্রথমে এই তথ্য নির্ণয় করেন। পরবর্তীকালে ইহাই vernalization (ভারনালিজেশন) নামে অভিহিত হইয়াছে।

উষ্ণতা দশায় অথবা ভারনালিজেশন দশায় উদ্ভিদের প্রকৃতি অনুযায়ী উহাদের সিক্ত বীজগুলিকে কয়েক দিন ধরিয়া নিম্ন উষ্ণতায় রাখা হয়। বীজগুলিতে জলের পরিমাণ এইরূপ হওয়া অবশ্যক যাহাতে অতিমাত্রায় বৃদ্ধিপ্রাপ্ত না হইয়া কেবলমাত্র কার্যক্ষম থাকে। এই দশায় উদ্ভিদের বহিঃ আকৃতির কোনোরূপ লক্ষণীয় পরিবর্তন হয় না। খাদ্য, জল ও অক্সিজেন সরবরাহ অপ্রচুর হইলে এইরূপ উষ্ণতা প্রয়োগে কোনো সুফল পাওয়া যায় না।

উষ্ণতা দশার প্রয়োগকালও কোনো নির্দিষ্ট উদ্ভিদে অথবা নির্দিষ্ট প্রকারের উদ্ভিদে নির্দিষ্ট নহে। ইহা উদ্ভিদের বিভিন্ন অংশে এবং বপনকালের সহিত পরিবর্তিত হয়। উপরোক্ত উক্তি হইতে ইহাই প্রমাণিত হয় যে, ভারনালিজেশন প্রক্রিয়ায় বীজগুলি স্বাভাবিকের তুলনায় বিভিন্ন ক্রিয়া করে।

1937 খ্রীষ্টাব্দে Purvis and Gregory (পারভিস ও গ্রেগরী) নামক বিজ্ঞানীদ্বয় ভারনালিজেশন বুঝাইতে নিম্নলিখিত ধারণা পোষণ করেন।

তাঁহারা উদ্ভিদে এক প্রকার পুষ্প উৎপাদনকারী পদার্থের সন্ধান পাইয়াছিলেন। তাঁহাদের মতে বীজে বিশেষত ভ্রূণের মধ্যে এক প্রকার hypothetical precursor (প্রকল্পিত পূর্বগামী পদার্থ) থাকে এবং এই প্রকার পূর্বগামী পদার্থ গঠনে এক প্রকার জারণক্রিয়া সংঘটিত হয়।

ভারনালিজেশনের সময় উপরোক্ত পূর্বগামী পুষ্প উৎপাদনকারী পদার্থের ঘনত্ব বৃদ্ধি পাইয়া একটি নির্দিষ্ট সীমায় পৌঁছায়। ইহা বর্ধিষ্ণু অঞ্চলে সঞ্চিত হইতে থাকে। ভারনালিজেশনের পরবর্তী পর্যায় দিবস কালের উপর নির্ভর করে যাহার বিবরণ নিম্নে দেওয়া হইল :

ভারনালিজেশনের ফলে পুষ্প উৎপাদনকারী হর্মোন যাহাকে florigen (ফ্লোরিজেন) বলে অথবা উহার পূর্বগামী পদার্থের পরিমাণ কোনো নির্দিষ্ট ঘনত্বে পৌঁছায় যাহার ফলে নির্দিষ্ট সময়ের পূর্বেই পুষ্প উৎপাদিত হয়। নিম্নে অঙ্কিত চিত্রে (১০০নং চিত্র) ইহা বুঝান হইয়াছে। ইহা হর্মোন H-এর পূর্বগামী পদার্থ P নির্দেশ করে যাহা ভারনালিজেশন প্রক্রিয়ায় P হইতে গঠিত হয়। এখন H হইতে ফ্লোরিজেন F অথবা পাতা উৎপাদনকারী পদার্থ L দিবালোকের দৈর্ঘ্যের উপর নির্ভর করে। Short day plants (স্বল্প-দিবালোকপ্রাপ্ত উদ্ভিদ)-এর ক্ষেত্রে স্বল্পকালীন আলোক পাইলে ফ্লোরিজেন গঠিত হইয়া যথা সময়ের পূর্বেই পুষ্প উৎপন্ন করে; অন্যথায় অঙ্গজ বৃদ্ধি ঘটিয়া থাকে। অনুরূপে long day plants (দীর্ঘ দিবালোকপ্রাপ্ত উদ্ভিদ)-এর ক্ষেত্রে দীর্ঘকাল ধরিয়া আলোক পাইলে H হইতে ফ্লোরিজেন উৎপন্ন হইয়া যথা সময়ের পূর্বেই পুষ্প উৎপন্ন হয়।

লাইসেঙ্কো উপরিলিখিত মতের বিরূপ ধারণা পোষণ করেন। তাঁহার মতে ভারনালিজেশন প্রক্রিয়া অনেকগুলি গঠনমূলক কারণের পারস্পরিক কার্যের উপর নির্ভর করে।

Photoperiodism (ফোটোপিরিয়ডিজম)

উদ্ভিদের বৃদ্ধি এবং প্রধানত উহার গঠন আলোকের উপর বহুলাংশে নির্ভর করে। আলোকের এইরূপ স্থিতিকালকে অর্থাৎ দিবাভাগের পরিমাণকে photo-period (ফোটোপিরিয়ড) বলে। ফোটোপিরিয়ডের দ্বারা উদ্ভিদের যে প্রতিক্রিয়া দেখা যায় তাহাকে photoperiodism (ফোটোপিরিয়ডিজম) বলে।

1920 খ্রীষ্টাব্দে Garnar and Allard (গার্নার ও অ্যালার্ড) নামক বিজ্ঞানীদ্বয় তামাকগাছের উপর পরীক্ষা করিয়া একটি অতি মূল্যবান তথ্য নির্ণয় করেন। তাঁহাদের মতে নিম্নলিখিত **তিন** প্রকার উদ্ভিদ দেখিতে পাওয়া যায় :

1. *Long day plants* (দীর্ঘ দিবালোকপ্রাপ্ত উদ্ভিদ) অর্থাৎ যে সকল উদ্ভিদ

স্বাভাবিক দিবালোক অপেক্ষা অধিক মাত্রায় আলোক পাইলে নির্দিষ্ট সময়ের পূর্বে পুষ্প উৎপন্ন করে ; যথা গম, শীতকালীন বার্লিগাছ ইত্যাদি।

2. *Short day plants* (স্বল্প দিবালোকপ্রাপ্ত উদ্ভিদ)—অর্থাৎ সে সকল উদ্ভিদ স্বাভাবিক অপেক্ষা স্বল্পমাত্রায় আলোক পাইলে অতি অল্প সময়ের মধ্যে পুষ্প উৎপাদন করে ; যথা জ্যানথিয়ম, ডালিয়া, কস্‌মস্ প্রভৃতি।

3. *Day neutral plants* (দিবালোকে নিরপেক্ষ উদ্ভিদ)—অর্থাৎ যে সকল উদ্ভিদের পুষ্পধারণ ক্ষমতা অধিক অথবা স্বল্প আলোকপ্রাপ্তির উপর নির্ভর করে না ; যথা সূর্যমুখী, তুলা, টমেটো প্রভৃতি।

অধিক অথবা স্বল্প দিবালোকের প্রাপ্তির দ্বারা উদ্ভিদের অঙ্গজ অঙ্গের ও জনন অঙ্গের পরিবর্তন সাধিত হইতে পারে। বর্তমানে বিজ্ঞানীগণ ফোটোপিরিয়ডিজমের ফলে প্রধানত cereals (খাদ্য শস্য)-এর জনন অঙ্গের যে পরিবর্তন হয় তাহার প্রতি বিশেষ দৃষ্টিপাত করেন।

1923 খ্রীষ্টাব্দে গার্নার এবং অ্যালার্ড পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণ করেন যে, বর্ধিষ্ণু উদ্ভিদ প্রাথমিক অবস্থায় আলোক দশার প্রভাবে যৌন গঠনের সূত্রপাত করিয়া ফুল এবং ফল উৎপাদন করিবার ক্ষমতা লাভ করে। কিন্তু পরবর্তীকালে ফোটোপিরিয়ডের পরিবর্তন ঘটিলেও প্রাথমিক আলোক দশার দ্বারা অর্জিত কালের কোনোরূপ বিঘ্ন সৃষ্টি করে না। এই ঘটনাকে photoperiodic induction (ফোটোপিরিয়ডীয় আবেশ) বলা হয়। এই ফোটোপিরিডীয় আবেশের প্রতিক্রিয়া বিভিন্ন : family (গোত্র), genus (গণ) এবং এমনকি বিভিন্ন varieties (প্রকার)-এর উদ্ভিদের মধ্যেই বিভিন্ন হইতে দেখা যায়। 1940 খ্রীষ্টাব্দে Hammar (হ্যামার) নামক বিজ্ঞানী মনে করেন যে, ফোটোপিরিয়ডীয় আবেশ বলিতে একটি আবেশীয় চক্র বুঝায় যাহাতে স্বল্প ফোটোপিরিয়ডের স্থায়িত্ব ও স্বল্প আলোকের তীব্রতার সাথে আলোকবিহীনকালের স্থায়িত্বও স্বল্প হওয়া প্রয়োজন। পরন্তু লাইসেঙ্কো মনে করেন যে, দীর্ঘ দিবালোকপ্রাপ্ত উদ্ভিদের ক্ষেত্রে যৌন জনন সম্পন্ন করিতে আলোকের প্রয়োজন হয় কিন্তু স্বল্প দিবালোকপ্রাপ্ত উদ্ভিদের ক্ষেত্রে ইহার জন্য স্বল্প আলোকের প্রয়োজন।

কখনও কখনও ফোটোপিরিয়ডীয় আবেশ দ্বারা পরিবর্তন ঘটে তাহা উষ্ণতা প্রভৃতি বহিস্থ কারণ দ্বারা বিঘ্নিত হইতে পারে। আলোকে এবং উষ্ণতা উভয়েরই মিলিত প্রভাবকে thermophotoperiodic induction (থারমোফোটো-পিরিয়ডীয় আবেশ) বলা হয়। দৈনিক উষ্ণতার পরিবর্তনের সাথে ফোটো-

পিরিয়ডিজমের ন্যায় উদ্ভিদের গঠনের পরিবর্তন ঘটে। ইহাকে thermoperiodicity (থারমোপিরিয়াডিসিটি) বলে।

বিভিন্ন wave-lengths (তরঙ্গ দৈর্ঘ্য)-এর আলোক প্রয়োগ করিলে দেখা যায় যে, পুষ্প গঠনের জন্য লোহিত বর্ণের রশ্মি অন্যান্য রশ্মির তুলনায় অধিকতর ফলপ্রদ।

Hendricks (হেণ্ডরিক্‌স্‌, Beltsvile (বেলট্‌স্‌ ভিল) এবং তাঁহাদের অন্যান্য সহকর্মিগণ (1942-1963) অন্ধকারে বৃদ্ধিপ্রাপ্ত কতকগুলি উদ্ভিদের কলা হইতে phytochromes (ফাইটোক্রোম) নামক এক প্রকার রঞ্জক পদার্থের সন্ধান পাইয়াছেন যাহা ফোটোপিরিয়ডিজমে অংশ গ্রহণ করে। ইহা এক প্রকার প্রোটিন এবং *R-phytochrome* (*R*-ফাইটোক্রোম) ও *F-phytochrome* (*F*-ফাইটোক্রোম) নামক পরস্পর পরিবর্তনশীল দুইটি রঞ্জক পদার্থের সমষ্টি। প্রকৃতপক্ষে ইহাদের অনুপাতের উপর গঠন নির্ভর করে এবং ইহা বিভিন্ন উদ্ভিদের ক্ষেত্রে বিভিন্ন।

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, পাতাই ফোটোপিরিয়ডের প্রধান প্রাথমিক অঙ্গ এবং ইহাতে প্রথমে আলোকের রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে যাহার ফলে florigen (ফ্লোরিজেন) নামক পুষ্প উৎপাদনকারী হর্মোনের সৃষ্টি হয়। এই তথ্য 1937 খ্রীষ্টাব্দে Cajlachjan (ক্যাজলাখজ্যান) নির্ণয় করেন। ফ্লোরিজেন অগ্রস্থ ভাজক কলায় সঞ্চারিত হয় এবং প্রাথমিক অঙ্গজ কোষকে প্রাথমিক পুষ্প উৎপাদনকারী কোষে পরিণত করে। ইহার দ্বারা প্রথম দর্শনীয় পরিবর্তন হইল যে অঙ্গজ কোষের দ্বারা গঠিত গোলাকার অগ্রভাগটি ক্রমে সমতল আকার ধারণ করে। গ্রেগারী মনে করেন যে, ফোটোপিরিয়ডিজম বলিতে পুষ্প উৎপন্ন করা বুঝায় না কিন্তু প্রকৃতপক্ষে যে সকল কারণ পুষ্প উৎপাদনের বাধার সৃষ্টি করে তাহাদের অপসারণ করা।

Questions

1. Discuss the properties of protoplasm (1968).

2. Give an account of the process by which roots absorb water from soil (1964).

3. Define 'osmosis'. How is it related to the living process of plants ? Illustrate your answer by describing the mechanism of absorption of water aud solutes in plants (1959).

———

4. Distinguish between osmotic pressure and suction pressure. How do they influence water absorption in the meristematic cell (1962).

5. Describe the process leading to salt absorption by root and translocations of inorganic solutes from the root to the leaf (1966),

6. Give an account of the various theories proposed for the ascent of sap (1970).

Ascent of sap-এর theory সম্বন্ধে বর্ণনা ও আলোচনা কর (১৯৭০)।

7. What are trace elements? Mention the same of any five and the functions of any one of them (1962).

8. Name the elements that are essential for plant nutrition. Explain briefly the part played by each element in the growth and development of the plant (1973).

উদ্ভিদের পরিপুষ্টির জন্য কোন্ কোন্ উপাদান (element) প্রয়োজনীয় উহাদের নাম লিখ। উদ্ভিদের বৃদ্ধি ও ক্রমবিকাশে ইহাদের প্রত্যেকটির কার্য সংক্ষেপে বুঝাইয়া বল (৯৭৩)।

9. Describe the procedure you will adopt to determine the elements that may be necessary for healthy growth of plants (1971).

উদ্ভিদের সতেজ বৃদ্ধির জন্য কি কি মূল উপাদান (elements) দরকার তাহা নির্ণয় করিবার কার্যপ্রণালীর বিবরণ লিখ (১৯৭১)।

10. Write an essay on the mineral nutrition of plants (1968).

11. Distinguish between evaporation and transpiration. What is transpiration coefficient? What characters make a plant drought resistant? (1960).

12. Describe the mechanism of water loss from the plant surface. What is importance? (1972)

উদ্ভিদগাত্র হইতে জলমোক্ষণ (water loss) প্রণালীর বিবরণ দাও। ইহার প্রয়োজনীয়তা কি? (১৯৭২)

13. Give an account of the experimental evidences in which the theory of stomatal opening and closing is based (1965).

14. What are the different factors that control respiration in plants ? Describe the relationship between aerobic and anaerobic phases in respiration (1972).

কোন্ কোন্ কার্যকারক (factor) উদ্ভিদের শ্বাসকার্য (respiration)-কে প্রভাবিত করে ? শ্বাসকার্যের সবাত (acrobic) এবং অবাত (anaerobic) অবস্থায় (phases) সম্বন্ধে বুঝাইয়া বল (১৯৭২)।

15. Give an account of the factors affecting the rate of aerobic respiration (1965).

16. Give an account of aerobic respiration. What are the enzymes involved in the process ? (1963)

17. Give an account of aerobic respiration in plants. Mention its importance in the respiration of land plants.

18. Describe the biochemical changes that are involved in the process of respiration (1969).

শ্বাসকার্যের সময় যে সকল জৈব রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে তাহার বিবরণ লিখ (১৯৬৯)।

19. Write an essay on 'enzymes' with special reference to their concern in hydrolysis (1962).

20. Mention the important pigments and state the biological significance and chemical nature of any two of them (1965).

21. Give an account of the process by which a green plant synthesizes carbohydrates. Mention two important carbohydrates (1964).

22. Give an account of the process by which a green plant synthesizes carbohydrates (1973).

সবুজ বর্ণের উদ্ভিদ কি রীতিতে শর্করাজাতীয় খাদ্য (carbohydrate) তৈয়ারি করে তাহার বিবরণ দাও (১৯৭৩)।

23. Give an account of the factors for photosynthesis. Explain the law of limiting factors in photosynthesis (1966).

24. Describe the effect of external factors on photosynthesis. What principles were enunciated to explain the relationship of these factors on the process (1961).

25. What is photosynthesis ? Describe the role of light and chlorophyll on photosynthesis (1970).

সালোকসংশ্লেষ (photosynthesis) কাহাকে বলে ? সালোকসংশ্লেষের আলো ও ক্লোরোফিলের কার্য বর্ণনা কর (১৯৭০)।

26. Give an account of the effect of light on plants (1961).

27. Describe the influence of external and internal factors on photosynthesis (1963).

28. Enunciate the law of limiting factors. Illustrate your answer with reference to the physiological process which you have studied (1964).

29. Give a brief account of biological nitrogen fixation (1964).

30. Describe with reference to plants the process of Nitrogen cycle in nature (1960).

31. Give an account of translocation of organic substances and their storage in plants (1963).

32. Give an account of the translocation of carbohydrates and nitrogenous compounds in and out of a storage organ (1961).

33. What is growth ? Give an account of the factors that influence growth. State how growth can be measured ? (1971)

বৃদ্ধি (growth) কাহাকে বলে ? যে কার্যকারকগুলি (factors) উদ্ভিদের বৃদ্ধিকে প্রভাবিত করে তাহাদের বর্ণনা লিখ। উদ্ভিদের বৃদ্ধির পরিমাপ গ্রহণের উপায় সম্বন্ধে যাহা জান লিখ (১৯৭১)।

34. Give an account of the internal and external factors that effect growth ann development of plants (1962).

35. State how growth is different from development. Describe briefly the effect of environmental factors on development (1966).

36. Briefly describe the various tropic movements in plants and indicate the physiological basis of such plant movements (1969).

উদ্ভিদের বিভিন্ন ট্রোপিক চলন সম্বন্ধে সংক্ষিপ্ত বর্ণনা লিখ, এবং এই ধরনের চলনের শারীরবৃত্তিক কারণ লিখ (১৯৬৯)।

37. What do you understand by autonomous and induced movements in plants ? Illustrate your answer with suitable examples (1961).

38. Give a brief account of the environmental control of flowering (1968).

39. Distinguish between the following :

(*a*) Diffusion pressure deficit and osmotic pressure (1964).

(*b*) A trace element and tracer element (1964).

(*c*) Anaerobic respiration and fermentation (1964).

(*d*) Enzymes and coenzymes (1965).

(*e*) Photosynthesis and chemosynthesis (1965).

(*f*) Translocation and accumulation of solutes (1965).

(*g*) A tropic movement and a nastic movement (1964).

(*h*) Vernalization and photoperiodism (1965).

(*i*) Long day and short day plants (1964).

40. Write notes on the following : (1964)

(*a*) The source of oxygen evolved in photosynthesis.

(*b*) The role of potassium in plant nutrition.

(*c*) The purpose of respiration.

41. Write notes on the following :

Respiratory quotient (1962) ; Fermentation (1959) ; Enzymes (1956,'73) ; Anthocyanin (1962) ; Chemosynthesis (1962) ; Carbohydrates (1959) ; Chlorophyll (1963,'64,'71) ; Hormone (1963, '64,'71) ; Irritability (1962,'64) ; Autonomous movements (1963) ; Photonasty (1959) ; Vegetative propagation (1963) ; Asexual propagation of plants (1959) ; Brownian movement (1968) ; Temperature coefficient (1968) ; Ribosomes (1968) ; Hill reaction (1968) ; Guttation (1970) ; Nodule bacteria (1970) ; Auxins (1970. '72) ; Nastic movements (1970) ; Tropic movements (1971) ; Micro elements (1972) ; Kerb's cycle (1972) ; Law of limiting factor (1972) ; Phototropism (1972) ; Osmotic pressure (1973) ; Chemosynthesis (1973) ; Vernalization (1973).

সপ্তম ভাগ

বাস্তু সংস্থান

(Ecology)

প্রথম অধ্যায়

বাস্তু সংস্থান

(Ecology)

বিভিন্ন প্রকার উদ্ভিদ বিভিন্ন পারিপার্শ্বিক পরিবেশে জন্মায়। উদ্ভিদের সহিত পারিপার্শ্বিক পরিবেশের সম্পর্ক Ecology (বাস্তু-সংস্থান) বলে। বাস্তু সংস্থান প্রধানত দুইটি শাখায় বিভক্ত। যথা, (*a*) autecology (অটিকোলজি) অর্থাৎ এই শাখা পাঠ করিলে উদ্ভিদের পুষ্টি, বৃদ্ধি, গঠন, জনন প্রভৃতি বিভিন্ন জৈবনিক ক্রিয়ার উপর পরিবেশ কিরূপ প্রভাব বিস্তার করে তাহা বুঝায়, এবং (*b*) Synecology (সাইনেকোলজি) অথবা plant sociology (উদ্ভিদ সমাজবিদ্যা) অর্থাৎ এই শাখায় plant communities (উদ্ভিদ সম্প্রদায় বা গোষ্ঠী)-র সহিত পরিবেশের সম্পর্ক বুঝায়।

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, বিভিন্ন পারিপার্শ্বিক পরিবেশে বিভিন্ন প্রকার উদ্ভিদ জন্মায়। কোনো নির্দিষ্ট স্থানে যে প্রকার উদ্ভিদের প্রজাতি জন্মাইতে দেখা যায় তাহাদের গঠন, আকৃতি প্রভৃতি ঐ স্থানের পরিবেশ কর্তৃক নিয়ন্ত্রিত হয়। কোনো নির্দিষ্ট প্রজাতি বিভিন্ন পরিবেশে জন্মাইলে তখন ঐ সকল পরিবেশে উহাদিগকে ecotype (ইকোটাইপ) বলে। কোনো কোনো প্রজাতি অবশ্য কোনো প্রকার ইকোটাইপ গঠন করে না। ঐ সকল ইকোটাইপের সন্তান সন্ততিগুলি একটি সাধারণ পারিপার্শ্বিক পরিবেশে জন্মাইলে তাহারা সমভাবে বৃদ্ধি পায় এবং তাহাদের আকৃতিগত তারতম্য ক্রমশ বিলুপ্ত হয়। এতদাবস্থায় তাহাদিগকে পরিবেশের সহিত সম্পূর্ণ সমন্বয় সাধন করে বলিয়া বলা হয়। এইরূপে কোনো প্রজাতিকে পরিবেশের সহিত উপযোগী করিয়া তোলাকে epharmony (ইফারমনি) বলে। যে প্রজাতি এইরূপ উপযোগী করিতে অক্ষম তাহা অচিরেই বিলুপ্ত হয়।

Physiology বা শারীরবৃত্তি পাঠের ন্যায় বাস্তু-সংস্থান পাঠের প্রয়োজনীয়তাও বহু প্রকার। বাস্তু-সংস্থান সম্বন্ধে উপযুক্ত জ্ঞান লাভ করিলে কৃষিকার্য, উদ্যানপালন প্রভৃতি বিজ্ঞানে ইহার প্রয়োগে সুফল পাওয়া যায়। শুধু তাহাই নহে, ইহার সহিত নগর সম্প্রসারণ, গৃহনির্মাণ প্রভৃতির পরিকল্পনা,

বনহীন, বনস্থাপন, মৃত্তিকাক্ষয় ও মৃত্তিকা সংরক্ষণ, বন্যা নিয়ন্ত্রণ প্রভৃতির নিবিড় সম্পর্ক রহিয়াছে। উদাহরণস্বরূপ বলা যায় যে, বনভূমি, যাহা আমাদের জাতীয় সম্পদ বলিয়া পরিগণিত হয়, তাহা অতীতে ধ্বংস হইবার ফলে ঋতুচক্রের পরিবর্তন ঘটায়। ইহাতে ফসল উৎপাদনের ক্ষমতা প্রভূত পরিমাণে ব্যাহত হয়। অধিকন্তু মৃত্তিকা ক্ষয়প্রাপ্ত হইয়া বহু প্রাণী এবং চাষের উপযোগী জমিও বিনষ্ট হয়। সুখের বিষয় ভারত সরকার প্রতি বৎসর বন মহোৎসবের আয়োজন করিয়াছেন যাহার উদ্দেশ্য হইল যে বিভিন্ন অঞ্চলে নূতন নূতন বৃক্ষচারা রোপণ করা। ইহারাই ভবিষ্যতে পুরাতন ধ্বংসপ্রাপ্ত উদ্ভিদগুলির স্থান পূরণ করিবে।

———

দ্বিতীয় অধ্যায়

বাস্তু-সংস্থানের কারণ

(Ecological factors)

পরিবেশের প্রয়োজনীয়তা সম্বন্ধে পূর্বেই আলোচনা করা হইয়াছে। সমগ্র পরিবেশের প্রতিটি অংশ যাহা উদ্ভিদের বৃদ্ধি নিয়ন্ত্রণ করে অথবা উহার গঠন ও কার্যের উপর কোনো নির্দিষ্ট প্রক্রিয়ায় প্রভাব বিস্তার করে তাহাকে ecological factor (বাস্তু-সংস্থানের কারণ) বলা হয়।

উদ্ভিদের বৃদ্ধি, গঠন প্রভৃতি নিম্নলিখিত পারিপার্শ্বিক কারণগুলির উপর নির্ভর করে :

A. CLIMATIC FACTCRS (জলবায়ু-সংক্রান্ত কারণ)

প্রধান প্রধান জলবায়ু-সংক্রান্ত কারণগুলি নিম্নে দেওয়া হইল :

1. Temperature (তাপ)—ইহার দ্বারা উদ্ভিদের সকল প্রকার জৈবনিক কার্য নিয়ন্ত্রিত হয় (যথা, সালোকসংশ্লেষ, প্রস্বেদন, জলশোষণ, অঙ্কুরোদ্গম প্রভৃতি) এবং ইহার ফলে উদ্ভিদদেহ গঠিত হয়। যে-কোনো উদ্ভিদ নির্দিষ্ট তাপমাত্রার সীমার মধ্যে বাঁচিয়া থাকে এবং পরিমিত তাপমাত্রার উপরোক্ত জৈবনিক কার্যগুলি সুষ্ঠুভাবে সম্পন্ন করে। অতএব তাপমাত্রার তারতম্যে বিভিন্ন প্রকার উদ্ভিদ দেখিতে পাওয়া যায়।

2. Light (আলোক)—ইহা অতি প্রয়োজনীয় কারণ। ইহার উপর উদ্ভিদের সালোকসংশ্লেষ, প্রস্বেদন, এনজাইম-ক্রিয়া, বিভিন্ন অংশের বৃদ্ধি এবং চলন, পাতার আকৃতি এবং আভ্যন্তরিক গঠন প্রভৃতি নির্ভর করে। তীব্র আলোক কোনো কোনো উদ্ভিদের পক্ষে ক্ষতিকর। আলোকের তীব্রতার তারতম্য অনুযায়ী বিভিন্ন প্রকার উদ্ভিদের পাতার আকৃতির এবং আভ্যন্তরিক গঠনের তারতম্য ঘটে। এই প্রকার প্রভেদের ফলে দুই প্রকার উদ্ভিদের উদ্ভব হইয়াছে, যথা sun plants অর্থাৎ সূর্যালোকপ্রাপ্ত উদ্ভিদ, যাহাদিগকে heliophilous or photophilic species (হিলিওফাইলাস বা ফোটোফিলিক প্রজাতি)-ও বলা হয় এবং shade plants অর্থাৎ সূর্যালাকবিহীন উদ্ভিদ, যাহাদিগকে heliophobous or photophobic species (হিলিওফোবাস বা ফেটোফোবিক প্রজাতি) নামেও অভিহিত করা হয়। এই দুই প্রকার উদ্ভিদের পাতার গঠনের প্রভেদ নিম্নে দেখান হইল ; যথা—

সূর্যালোকপ্রাপ্ত উদ্ভিদ	সূর্যালোকবিহীন উদ্ভিদ
1. উদ্ভিদগুলি ঘন বিন্যস্ত; অধিকতর কাষ্ঠল; পর্বমধ্যগুলি অপেক্ষাকৃত ক্ষুদ্র এবং ঘন রোমদ্বারা আচ্ছাদিত। শাখা কণ্টক প্রায় দেখিতে পাওয়া যায়।	1. উদ্ভিদগুলি পাতলা এবং আকারে বৃহৎ হইলে স্ফীত; স্বল্প রোমদ্বারা আচ্ছাদিত অথবা রোম-বিহীন; পর্বমধ্যগুলির দীর্ঘ, শাখা-কণ্টক দেখিতে পাওয়া যায় না।
2. পাতাগুলি ক্ষুদ্র, সরু অথবা রেখাকার এবং স্থূল এবং পত্রতল সূর্যকিরণ প্রতিফলিত করিবার জন্য উজ্জ্বল হইয়া থাকে।	2. পাতাগুলি আকারে বৃহৎ, প্রশস্ত ও পাতলা এবং পত্রতল সাধারণত অনুজ্জ্বল।
3. পাতাগুলি সাধারণত ভাঁজ-যুক্ত অথবা কুঞ্চিত এবং বক্রাকার।	3. পাতাগুলি সাধারণত বিস্তৃত এবং মসৃণ।
4. পাতাগুলি সূর্যরশ্মির সহিত সূক্ষ্মকোণরূপে অবস্থান করে।	4. পাতা সূর্যরশ্মির সহিত সমকোণে অবস্থান করে।
5. পত্রত্বক স্থূল; ত্বককোষগুলি বহুস্তরযুক্ত হইতে পারে; উপরিতলে ক্লোরোফিল থাকে না এবং কিউটিকল স্থূল হইয়া থাকে।	5. পত্রত্বক পাতলা; কোষগুলি এক-স্তরযুক্ত, কখনও কখনও ক্লোরোফিল দেখিতে পাওয়া যায়, কিউটিকল পাতলা হইয়া থাকে।
6. পত্ররন্ধ্রগুলি নিম্নতলে দেখিতে পাওয়া যায় এবং সাধারণত নিহিত থাকে।	6. পত্ররন্ধ্রগুলি উভয় তলেই থাকিতে পারে।
7. প্যালিসেড কলা স্থূল; স্পঞ্জ কলা স্বল্প এবং. কোষমধ্যবর্তী স্থান ক্ষুদ্র হইয়া থাকে।	7. প্যালিসেড কলা পাতলা অথবা অনুপস্থিত, স্পঞ্জ প্যারেনকাইমা অধিক থাকে এবং কোষমধ্যবর্তী স্থান-গুলি বৃহৎ হইয়া থাকে।

2. *Light indifferent plant* (আলোক উদাসীন উদ্ভিদ) নামক কয়েক প্রকার উদ্ভিদের পাতা আলোক দ্বারা কোনোরূপে প্রভাবিত হয় না।

3. *Carbon dioxide concentration* (কার্বন ডাই-অক্সাইডের ঘনত্ব) —কার্বন ডাই-অক্সাইড সালোকসংশ্লেষের জন্য একটি অতি প্রয়োজনীয়

উপাদান। বায়ুতে কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণের বিশেষ পরিবর্তন হয় না বলিয়া ইহার দ্বারা উদ্ভিদদেহের গঠনের তারতম্য হয় না। তবে বায়ুতে অত্যধিক কার্বন ডাই-অক্সাইড থাকিলে উদ্ভিদের বৃদ্ধি ব্যাহত হয়।

4. *Other atmospheric gases* (অন্যান্য বায়বীয় গ্যাস)—কারখানার চুল্লী প্রভৃতি স্থান হইতে নির্গত গ্যাস নিকটবর্তী স্থানের উদ্ভিদ গঠনের পক্ষে ক্ষতিকর।

5. *Atmospheric humidity* (বায়ুর আর্দ্রতা)—বায়ুতে নির্দিষ্ট পরিমাণ জলীয় বাষ্প থাকে। জলীয় বাষ্পের দ্বারা বায়ু সম্পৃক্ত থাকিলে উদ্ভিদ-গঠনের তারতম্য ঘটে।

6. *Precipitation* (বৃষ্টিপাতের পরিমাণ)—উদ্ভিদের বৃদ্ধি এবং গঠনের জন্য জল একটি অতি প্রয়োজনীয় কারণ। যে স্থানে সমভাবে প্রচুর বৃষ্টিপাত হয় সেই স্থানে যে সকল উদ্ভিদ জন্মায় তাহারা evergreen forests (চিরহরিৎ) অরণ্যের সৃষ্টি করে। আবার যে স্থানে স্বল্পকালের জন্য প্রচুর বৃষ্টিপাত হয় সেই স্থানে deciduous trees (পর্ণমোচী বৃক্ষ) দেখিতে পাওয়া যায়। জলের প্রধান উৎস হইল বৃষ্টিপাত, বরফ, এবং শিলাবৃষ্টি যাহা মৃত্তিকার ছিদ্রপথ দিয়া উহার অভ্যন্তরে প্রবেশ করে।

7. *Wind* (বায়ুপ্রবাহ)—বায়ুপ্রবাহ প্রস্বেদনের হার, উদ্ভিদের আকৃতি এবং উদ্ভিদদেহের বৃদ্ধির গতি নিরূপণ করে। বায়ুপ্রবাহ বৃদ্ধি পাইলে প্রস্বেদন-হারও বৃদ্ধি পায়। যে স্থানে বায়ুপ্রবাহের মাত্রা অত্যধিক সেই স্থানের উদ্ভিদগুলি সাধারণত ক্ষুদ্রাকৃতি হইয়া থাকে এবং উহাদের কাণ্ডগুলি বায়ুপ্রবাহের দিক হইতে বিপরীত দিকে বাঁকিয়া যায়, এবং সেইজন্য ইহারা এক পার্শ্বে বৃদ্ধি পায় বলিয়া মনে হয়। সমুদ্র উপকূলে অথবা মরুভূমি অঞ্চলে অত্যধিক বেগে বায়ুপ্রবাহ ঘটে বলিয়া এইপ্রকার পরিবেশে এক প্রকার উদ্ভিদ জন্মায় যাহা বালিকে দৃঢ়ভাবে ধারণ করিয়া রাখে।

B. EDAPHIC OR SOIL FACTORS (**মৃত্তিকা-সংক্রান্ত কারণ**)

এই কারণগুলি মৃত্তিকার মাধ্যমে উদ্ভিদের উপর ক্রিয়া করে। মৃত্তিকা বলিতে ভূত্বকের বিচ্ছিন্ন বহিঃস্তর বুঝায়। কঠিন শিলা অথবা আল্গা মৃত্তিকা অথবা অন্য স্থান হইতে প্রবাহিত আল্গা মৃত্তিকা ইহার অন্তর্গত। বিভিন্ন প্রকার মৃত্তিকার গঠন ও আকৃতিও বিভিন্ন। মৃত্তিকা সাধারণত 45 শতাংশ খনিজ পদার্থ, ও 5 শতাংশ জৈব পদার্থ, 25 শতাংশ জল এবং 25 শতাংশ বায়ুর

সমষ্টি। মৃত্তিকায় যে সকল জৈব ও অজৈব পদার্থ থাকে তাহারা সূর্যালোকে এবং জলের সাহায্যে লবণে পরিণত হয় এইরূপে ইহারা উদ্ভিদ কর্তৃক গৃহীত হয়।

মৃত্তিকা-সংক্রান্ত প্রধান কারণগুলি নিম্নে বর্ণিত হইল। যথা—

1. *Available soil water* (মৃত্তিকাস্থ জলের পরিমাণ)—মূল-দ্বারা শোষণের জন্য মৃত্তিকায় উদ্ভিদের উপযোগী জল থাকা প্রয়োজন। ইহা আবার অনেকগুলি কারণের উপর নির্ভর করে ; যথা—(*a*) বাৎসরিক বৃষ্টিপাতের পরিমাণ, (*b*) মৃত্তিকার অভ্যন্তরে জলের percolation (অনুস্রবণ), (*c*) বায়ুতে জলীয়বাষ্পের পরিমাণ, (*d*) মৃত্তিকার উপরিভাগের জলের বাষ্পীভবন, (*e*) মৃত্তিকানিম্নস্থ জলের তল এবং (*f*) মৃত্তিকা-কণার capillarity (কৈশিকত্ব)। জলের পরিমাণের প্রয়োজনীয়তা অনুযায়ী উদ্ভিদকে জলজ, সাধারণ, পার্বত্য, হ্যালোফাইট প্রভৃতি শ্রেণীতে ভাগ করা হইয়াছে।

2. *Soil temperature* (মৃত্তিকার উষ্ণতা)—মৃত্তিকার উষ্ণতা উদ্ভিদের গঠনের একটি বিশেষ অংশ গ্রহণ করে। ইহা প্রধানত বায়ুর উষ্ণতা, মৃত্তিকার ভৌত এবং রাসায়নিক গুণাবলী এবং প্রাকৃতিক অথবা কৃত্রিম মৃত্তিকা আচ্ছাদনের উপর নির্ভর করে। মৃত্তিকায় প্রয়োজনীয় জল থাকিলে ও ইহার উষ্ণতা স্বল্প হইলে জলশোষণ-হার হ্রাসপ্রাপ্ত হয় এবং ইহার ফলে প্রস্বেদন কম হইয়া থাকে। সুতরাং চিরহরিৎ উদ্ভিদের প্রচুর ক্ষতিসাধন হয়। মূলের বৃদ্ধির হার জলশোষণ, শ্বাসকার্য প্রভৃতি মৃত্তিকার উষ্ণতার উপর নির্ভরশীল।

3. *Soil air* (মৃত্তিকার বায়ু)—মৃত্তিকায় বায়ু থাকা বিশেষ প্রয়োজন, কারণ মূলের শ্বাসকার্য এবং বৃদ্ধি ইহার উপর নির্ভর করে। সেইজন্য বীজ-বপনের পূর্বে মৃত্তিকা উত্তমরূপে কর্ষণ করিতে হয়। মৃত্তিকায় জলের পরিমাণ ঐ স্থানে অধিক হইলে ইহাতে বায়ুর পরিমাণ হ্রাসপ্রাপ্ত হয়। সেইজন্য যে সকল উদ্ভিদ জলপূর্ণ মৃত্তিকায় জন্মায় তাহাদের বৃদ্ধি ব্যাহত হয় এবং শ্বাসকার্যের জন্য ইহারা বৃহৎ বাতাবকাশ সৃষ্টি করে।

4. *Soil reaction* (মৃত্তিকা রসের প্রকৃতি)—মৃত্তিকার রস অম্ল, ক্ষারীয় অথবা neutral (উদাসীন) প্রকৃতির হইতে পারে। মূলদ্বারা মৃত্তিকা-রস শোষণ এবং শোষিত পদার্থের প্রকৃতি ইহার দ্বারা নির্ধারিত হয়। Flax (তিসি), Rhododendron (রোডোডেনড্রন), আলু (Potato) প্রভৃতি

উদ্ভিদের বৃদ্ধির জন্য অম্ল প্রকৃতির প্রয়োজন হয়, কিন্তু অধিকাংশ Fam. Papilionaceae (শিম্বিগোত্রীয়) উদ্ভিদ, Tobacco (তামাক), Onion (পিঁয়াজ) প্রভৃতি ক্ষারীয় প্রকৃতির মৃত্তিকায় সুষ্ঠুভাবে জন্মায়।

Types of soil (মৃত্তিকার প্রকার)

মৃত্তিকার ভৌত এবং রাসায়নিক ধর্ম এবং জলধারণ করিবার ক্ষমতা অনুযায়ী নিম্ন প্রকারের মৃত্তিকা দেখা যায় ; যথা—

(*a*) *Clayey soil* (কর্দম বা এঁটেল মৃত্তিকা)—এই প্রকার মৃত্তিকা অধিক মাত্রায় জলধারণ করিতে পারে কিন্তু ইহা স্বল্প aeration (বাতান্বয়ন)-যুক্ত হয়। এই প্রকার মৃত্তিকা প্রধানত কর্দমাক্ত কণার সমষ্টি এবং ইহা অধিকাংশ mesophytes (সাধারণ উদ্ভিদ)-এর বৃদ্ধির পক্ষে উপযোগী। এই প্রকার মৃত্তিকায় শতকরা 30 ভাগের অধিক কর্দমাক্ত কণা থাকে।

(*b*) *Sandy soil* (বালুকাময় বা বেলে মৃত্তিকা)—এই প্রকার মৃত্তিকা বালু, মাইকা প্রভৃতি শিথিল কণার সমষ্টি, সুতরাং ইহা সচ্ছিদ্র হইয়া থাকে। ইহার ফলে মৃত্তিকা শীঘ্রই শুষ্ক হইয়া যায়। এই প্রকার মৃত্তিকায় প্রধানত জাঙ্গল উদ্ভিদ (xerophytes) দেখিতে পাওয়া যায়। ইহাতে পলি এবং কর্দমাক্ত কণার পরিমাণ 20 ভাগের কম থাকে।

(*c*) *Loamy soil* (দো-আঁশ মৃত্তিকা)—এই প্রকার মৃত্তিকায় কর্দম এবং বালুকা কণার মিশ্রণ থাকে। ইহা সাধারণ উদ্ভিদের চাষের জন্য বিশেষ উপযোগী। ইহা প্রধানত শতকরা প্রায় 47 ভাগ বালুকা 23 ভাগ কাদা এবং অবশিষ্ট পলির সমষ্টি।

(*d*) *Silty soil* (পলি মৃত্তিকা)—এই প্রকার মৃত্তিকা অন্য স্থান হইতে পরিবাহিত হয়। ইহা শতকরা প্রায় 15-20 ভাগ মোটা বালি এবং 20-30 ভাগ কাদাদ্বারা গঠিত। উত্তর ভারতের কোনো কোনো অঞ্চলে এবং পশ্চিমবঙ্গের প্রায় সকল প্রকার ফসলই ইহাতে ভালভাবে চাষ করা যায়।

(*e*) *Gravelly soil* (কঙ্কর মৃত্তিকা)—এই প্রকার মৃত্তিকা স্থূল বালুকা এবং কাঁকরের সমষ্টি। ইহার জলধারণ করিবার ক্ষমতা স্বল্প বলিয়া ইহা zerophyaes (জাঙ্গল উদ্ভিদ)-এর পক্ষে উপযোগী।

(*f*) *Saline soil* (লবণাক্ত মৃত্তিকা)—নদীর মোহনায় এবং সমুদ্রতটে

এইরূপ মৃত্তিকা দেখিতে পাওয়া যায়। এই প্রকার মৃত্তিকায় প্রচুর জল থাকিলেও ইহাতে অধিক পরিমাণে লবণ দ্রবীভূত থাকে বলিয়া জলশোষণ কম হয় এবং এইজন্য ইহাকে physiologically dry soil (উষর মৃত্তিকা) বলে। ইহা mangrove plants (গরানজাতীয় উদ্ভিদ)-এর পক্ষে উপযোগী।

(*g*) *Calcareous soil* (চূনযুক্ত মৃত্তিকা)—এই প্রকার মৃত্তিকায় অধিক পরিমাণে চূন থাকে বলিয়া ইহা অধিকমাত্রায় জলধারণ করিতে পারে।

(*h*) *Rocky soil* (প্রস্তরময় মৃত্তিকা)—এইরূপ মৃত্তিকা বহু প্রকার প্রস্তর কণার সমষ্টি এবং ইহা জল, বায়ু বিভিন্ন জীবাণু, রাসায়নিক পদার্থ প্রভৃতির দ্বারা বিশ্লিষ্ট হইয়া উৎপন্ন হয়। প্রস্তর কণাগুলি অ্যালুমিনিয়ম, সিলিকা প্রভৃতির দ্বারা গঠিত বিভিন্ন খনিজ পদার্থ হইয়া থাকে। মৃত্তিকা অতিশয় শুষ্ক অথবা সর্বদা সিক্ত থাকে। শুষ্ক মৃত্তিকায় জাঙ্গল উদ্ভিদ জন্মায় এবং সিক্ত মৃত্তিকা সাধারণ উদ্ভিদের পক্ষে উপযোগী।

(*i*) *Humus soil* (হিউমাস মৃত্তিকা)—উদ্ভিদ এবং প্রাণীদের বিভিন্ন অংশ এবং প্রাণিগণের মলমূত্র প্রভৃতির পচনক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন জৈব পদার্থ বিবিধ খনিজ পদার্থের সহিত মিশ্রিত হইয়া এই প্রকার মৃত্তিকা গঠিত হয়। পচনক্রিয়া সম্পূর্ণ হইলে ইহাকে ordinary humus (সাধারণ হিউমাস) বলে। ইহাতে সাধারণ বালি, কাদা, ছত্রাকের অণুসূত্র, কেঁচো, nitrifying bacteria (নাইট্রোজেন আত্তীকরণকারী) ব্যাক্টিরিয়া প্রভৃতি দেখিতে পাওয়া যায়। ইহা ক্ষারীয় অথবা উদাসীন প্রকৃতির হইয়া থাকে এবং উদ্ভিদের বৃদ্ধি এবং পুষ্টির জন্য বিশেষ উপযোগী। উদ্ভিদের মূল, কাণ্ড, রাইজোম, পাতা ছত্রাকের অণুসূত্র প্রভৃতির আংশিক পচনক্রিয়ার ফলে raw humus (কাঁচা হিউমাস্) উৎপন্ন হয়। ইহাতে কেঁচো অথবা নাইট্রোজেন-আত্তীকরণকারী ব্যাক্টিরিয়া দেখা যায় না এবং ইহা অম্ল প্রকৃতির হইয়া থাকে। এই প্রকার মৃত্তিকাগঠনে জল বিশেষ অংশ গ্রহণ করে। ইহাতে প্রধানত saprophytic fungi (মৃতজীবী ছত্রাক) জন্মাইতে দেখা যায়। আর এক প্রকার হিউমাস্ আছে যাহাকে peat humus (পিট হিউমাস্) বলে; ইহা স্বল্প বায়ুর সংস্পর্শে এবং জীবাণুগুলির স্বল্প বিক্রিয়ার অসম্পূর্ণ পচনক্রিয়ার দ্বারা গঠিত হয়। ইহা অম্ল প্রকৃতির হইয়া থাকে এবং অন্যান্য হিউমাস অপেক্ষা ইহার জলধারণ করিবার ক্ষমতা অধিক। এই প্রকার মৃত্তিকা চা-চাষের পক্ষে উপযোগী।

(*i*) *Red soil* (লোহিত মৃত্তিকা)—এই প্রকার মৃত্তিকায় প্রচুর পরিমাণে লৌহ থাকে বলিয়া মৃত্তিকা লোহিত বর্ণের হয়। ইহা চাষের পক্ষে অনুকূল নহে। ইহা দক্ষিণ ভারতের কোনো কোনো অঞ্চলে, উড়িষ্যা, পশ্চিমবঙ্গ, বিহার, মধ্যপ্রদেশ প্রভৃতি স্থানে দেখিতে পাওয়া যায়।

(*k*) *Black soil* (কৃষ্ণ মৃত্তিকা)—মধ্যপ্রদেশের কোনো কোনো অঞ্চলে, গুজরাট, মহারাষ্ট্র, তামিলনাড়ু এবং অন্ধ্র প্রদেশে এক প্রকার কৃষ্ণবর্ণের মৃত্তিকা দেখিতে পাওয়া যায়। ইহা সিক্ত অবস্থায় আঠাল হয় কিন্তু শুষ্ক হইলে কঠিন হইয়া ফাটিয়া যায়। এই প্রকার মৃত্তিকা অতিশয় উর্বর এবং ইহাতে প্রচুর পরিমাণে লৌহ, অ্যালুমিনিয়ম, ম্যাগনেসিয়ম এবং চূন থাকে কিন্তু ইহাতে নাইট্রোজেন, ফসফরাস এবং জৈব পদার্থের পরিমাণ অতি স্বল্প। এই প্রকার মৃত্তিকা তুলা চাষের পক্ষে অতি উপযোগী এবং সেইজন্য ইহাকে Black cotton soil (কৃষ্ণ তুলা মৃত্তিকা)-ও বলা হয়।

C. BIOTIC FACTORS (জৈব কারণ)

1. Competition among plants (উদ্ভিদের প্রতিযোগিতা)—বিভিন্ন প্রজাতির উদ্ভিদ যথোপযুক্ত স্থান, আলোক, বায়ু, জল প্রভৃতির সাহায্যে জীবনধারণের জন্য সংগ্রাম করিয়া চলিয়াছে। বিভিন্ন অঞ্চলে উদ্ভিদের বিস্তার এইরূপ জীবনসংগ্রাম দ্বারা নির্ধারিত হয়।

2. Soil organisms (মৃত্তিকাস্থ জীবাণু)—শৈবাল, ছত্রাক, বিভিন্ন পতঙ্গ এবং বহুপ্রকার জীবাণু মৃত্তিকার আবশ্যকীয় ভৌত এবং রাসায়নিক ধর্মের পরিবর্তন সাধন করিয়া ইহাকে উর্বর অথবা অনুর্বর করিয়া তোলে। ইহার ফলে উদ্ভিদের বৃদ্ধি এবং গঠনের পরিবর্তন হয় এবং ইহার দ্বারা উদ্ভিদের বিস্তার নির্ধারিত হয়।

3. Parasitic plants and animals (পরজীবী উদ্ভিদ এবং প্রাণী) পরজীবী ছত্রাক, ব্যাক্টিরিয়া, পতঙ্গ প্রভৃতি কোনো অঞ্চলের উদ্ভিদকে আক্রমণ করিয়া ব্যাধির সৃষ্টি করে, যাহার ফলে ঐ অঞ্চলের সমুদয় উদ্ভিদ বিনষ্ট হইয়া সম্পূর্ণরূপে বিলুপ্ত হয়। অতএব দেখা যাইতেছে যে, ইহা উদ্ভিদ-বিস্তারের একটি প্রয়োজনীয় কারণ।

4. Symbiosis (অন্যোন্যজীবিত্ব)—সময় সময় দুইটি বিভিন্ন জীব একত্রে বসবাস করে এবং পরস্পরের সাহায্যে বাঁচিয়া থাকে। এই প্রকার নির্ভরতাকে symbiosis (অন্যোন্যজীবিত্ব) বলে এবং জীবগুলিকে symbionts (অন্যোন্যজীবী)

বলে। উদাহরণস্বরূপ বলা যায় যে, শৈবাল এবং ছত্রাকের পারস্পরিক সাহচর্যে lichnes (লাইকেন)-এর জন্ম হয়।

5. *Grazing animals* (চারণশীল পশু)—চারণশীল পশুর দ্বারা পদদলিত হইয়া বহু উদ্ভিদই বিনষ্ট হইয়া যায়। এইরূপে যে স্থানের উদ্ভিদ সর্বদাই চারণশীল পশুর দ্বারা পদদলিত হয় তাহাদের মধ্যে যাহারা পদদলন প্রতিহত করিতে সক্ষম কেবলমাত্র তাহারাই জীবিত অঙ্গজ জনন দ্বারা বিস্তার লাভ করে।

6. *Human agency* (মানুষের প্রভাব) - ইহা উদ্ভিদ-বিস্তারে অতি প্রয়োজনীয় প্রভাব বিস্তার করে। কখন কখন মানুষ জ্ঞাতসারে মনোমত উদ্ভিদ কোনো অঞ্চল হইতে আনিয়া রোপণ করে এবং ক্রমে তাহা বিস্তার লাভ করে। মানুষের অগোচরেও কোনো অঞ্চলে উদ্ভিদ বিস্তৃত হয়।

D. TOPOGRAPHIC FACTORS (**স্থান-বিবরণ সম্বন্ধীয় কারণ**

কোনো স্থানের উচ্চতা, উহার ঢাল বা খাড়া অবস্থা, উহা কি পরিমাণ সূর্যালোক প্রাপ্ত হয় অথবা বায়ুপ্রবাহের সম্মুখীন হয় এবং পর্বতশ্রেণীগুলি কোন্ দিকে বিস্তৃত প্রভৃতি স্থান-বিবরণ-সম্বন্ধীয় কারণগুলি ঐ স্থানের উদ্ভিদগুলির উপর যথেষ্ট প্রভাব বিস্তার করে।

1. *Altitude* (উচ্চতা)—সমতলভূমি অপেক্ষা পার্বত্য অঞ্চলেই উচ্চতার প্রভাব পরিলক্ষিত হয়। উচ্চতার ক্রম-পরিবর্তনের সাথে আবহাওয়ারও পরিবর্তন ঘটে এবং ইহার সাথে উদ্ভিদের আকৃতিরও পরিবর্তন হইতে দেখা যায়। হিমালয় পর্বতের পাদদেশ হইতে আরম্ভ করিয়া উচ্চ শৃঙ্গ পর্যন্ত আরোহণ করিলে এইরূপ পরিবর্তন সহজেই প্রতীয়মান হয়।

2. *Slope* (ঢালু অবস্থা)—মৃত্তিকার অভ্যন্তরে ও উহার উপরিতলে কি পরিমাণে জল থাকে তাহার উপর মৃত্তিকার চরিত্র নির্ভর করে এবং এইরূপে ইহা উদ্ভিদ প্রকৃতির উপর প্রভাব বিস্তার করে। ঢাল অধিক হইলে প্রচুর বৃষ্টিপাত সত্ত্বেও অতি স্বল্প পরিমাণ জল মৃত্তিকা কর্তৃক শোষিত হয়। সেইজন্য ঐ অঞ্চলে xerophytic plants (জাঙ্গল উদ্ভিদ) জন্মাইতে দেখা যায়। অধিকন্তু এইরূপ অঞ্চলে প্রায় soil erosion (মৃত্তিকা ক্ষয়) ঘটিয়া থাকে। পরন্তু উপর হইতে প্রবাহিত মৃত্তিকা সঞ্চিত নিম্নাঞ্চলের সারযুক্ত মৃত্তিকা মিশ্রিত হইয়া উহাকে অধিকতর উর্বর করিয়া তুলে যাহার ফলে প্রচুর পরিমাণে উদ্ভিদ জন্মাইতে দেখা যায়।

Exposure to sun and wind (সূর্যালোক ও বায়ুপ্রবাহের প্রভাবাধীন অবস্থা)—ঢালু পর্বতগাত্র কি পরিমাণ সূর্যালোক ও বায়ুপ্রবাহের সম্মুখীন হয় তাহার উপর ঐরূপ স্থানের উদ্ভিদের প্রকৃতি বহুলাংশে নির্ভর করে। দক্ষিণ দিকে অবস্থিত ঢালু পর্বতগাত্র প্রধানত অধিকতর সূর্যালোক প্রাপ্ত হয় ও অপেক্ষাকৃত উষ্ণ। সেইজন্য এইরূপ স্থানে প্রচুর পরিমাণে mesophytic plants (সাধারণ উদ্ভিদ) জন্মাইতে দেখা যায়, কিন্তু উত্তর দিকে অবস্থিত পর্বতগাত্র স্বল্প সূর্যালোক পায় বলিয়া ঐ স্থানে xerophytic plants (জাঙ্গল উদ্ভিদ) দেখিতে পাওয়া যায়।

4. *Direction of chains of mountains* (পর্বতশ্রেণীগুলির বিস্তৃতির দিক)—ইহার উপর বায়ুপ্রবাহের গতি ও জলীয় বাষ্প ঘনীভূত হইয়া পর্বত গাত্রে বৃষ্টিপাত দ্বারা অবহাওয়ার পরিবর্তন সাধন করে যাহা উদ্ভিদ প্রকৃতির উপর প্রভাব বিস্তার করে।

তৃতীয় অধ্যায়

বাস্তু-সংস্থানের একক

(Ecological units)

বিভিন্ন প্রাকৃতিক পরিবেশে বিভিন্ন প্রকার উদ্ভিদ জন্মাইতে দেখা যায়। পুষ্করিণী, ময়দান, অথবা পর্বতমালার প্রান্ত দিয়া ভ্রমণ করিলে প্রতিটি পৃথক পরিবেশে এইরূপ শত শত উদ্ভিদ দেখিতে পাওয়া যায়। একই প্রাকৃতিক পরিবেশে যে সকল উদ্ভিদ জন্মায় তাহাদের নিজস্ব স্বাতন্ত্র্য বিদ্যমান থাকে এবং এই প্রকার উদ্ভিদসমষ্টিকে Plant community (উদ্ভিদ সম্প্রদায় বা গোষ্ঠী) বলে। অবশ্য উদ্ভিদরাজ্যে উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের একটি সুনির্দিষ্ট স্থান আছে এবং দুইটি সম্প্রদায়কে একটি নির্দিষ্ট রেখা টানিয়া পৃথক করা সহজসাধ্য নহে। কখনও কখনও একই স্থানে দুইটি বা ততোধিক সম্প্রদায়ের উদ্ভিদ দেখিতে পাওয়া যায়। তখন ঐ স্থানে বিভিন্ন সম্প্রদায় একত্রিত হইয়া একটি mixed community (মিশ্র সম্প্রদায়) গঠন করে। অধিকন্তু সভ্যতার বিকাশের সাথে সাথে আমরা বিভিন্ন প্রাকৃতিক সম্প্রদায়গুলিকে ক্রমে কৃত্রিম সম্প্রদায়ে পরিণত করিতে চলিয়াছি।

Plant formation (উদ্ভিদ সংগঠন)

উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের একটি বিশিষ্ট অংশকে Plant formation (উদ্ভিদ সংগঠন) বলে। একটি উদ্ভিদ সংগঠন বলিতে কতকগুলি নির্দিষ্ট উদ্ভিদের সমষ্টি বুঝায়। উদ্ভিদ সংগঠন **দুই** প্রকারের হইতে পারে; যথা, climatic formations (জলবায়ুর প্রভাবাধীন সংগঠন) ও edaphic formations (মৃত্তিকার প্রভাবাধীন সংগঠন)।

জলবায়ুর প্রভাবাধীন সংগঠনগুলি প্রধানত বায়ুস্থ কারণগুলির উপর নির্ভরশীল। উদাহরণস্বরূপ, হিমালয়ের নিম্ন পার্বত্য অঞ্চলের বনভূমি, আসামের চিরহরিৎ বনভূমি এবং রাজপুতনার মরুভূমি অঞ্চল প্রভৃতির নাম উল্লেখ করা যাইতে পারে। পরন্তু মৃত্তিকার প্রভাবাধীন সংগঠনগুলি প্রধানত মৃত্তিকার প্রকৃতির দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়। গঙ্গা ও সিন্ধুনদের মোহানায় যে সকল mangrove plants (গরানজাতীয় উদ্ভিদ) জন্মাইতে দেখা যায়

তাহারা এই প্রকার সংগঠনের প্রকৃষ্ট উদাহরণ। কতকগুলি সংগঠন আবার জলবায়ু ও মৃত্তিকা উভয় প্রকার কারণগুলিরই প্রভাবাধীন হইয়া থাকে। ইহাদিগকে heath formations (গুল্ম-আচ্ছাদিত সংগঠন) বলা হয়। উদাহরণস্বরূপ বলা যায় যে, মহারাষ্ট্রের সাধারণ জলবায়ু এবং কৃষ্ণ মৃত্তিকা তুলা গাছের পক্ষে বিশেষ উপযোগী) মানুষ কর্তৃক উদ্ভিদ সংগঠন স্থাপিত হইতে পারে। এইরূপে সংগঠনকে anthropogenic formations (অ্যানথোপোজেনিক সংগঠন) বলা হয়। এইরূপে দেখা যায় যে, উদ্ভিদ সম্প্রদায়গুলির ন্যায় উদ্ভিদ সংগঠনগুলিকেও কোনো নির্দিষ্ট সীমারেখার দ্বারা পৃথক করা যায় না।

প্রতিটি উদ্ভিদ সংগঠনে কতকগুলি বিশিষ্ট উদ্ভিদ দেখা যায়, অর্থাৎ ইহারা প্রচুর পরিমাণে জন্মায় ও উদ্ভিদ সম্প্রদায়কে একটি বিশেষ রূপ প্রদান করে। উদাহরণস্বরূপ বলা যায় যে, প্রচুর বৃষ্টিপাতসম্পন্ন বনভূমি অঞ্চলে বৃক্ষই প্রাধান্য লাভ করে এবং মাঠের ঘাসই হইল প্রধান উদ্ভিদ। আবার প্রধান উদ্ভিদগুলির মধ্যে কতকগুলি (বিশিষ্ট প্রকৃতির উদ্ভিদ দেখা যায় যাহাদের life forms (লাইফ ফর্ম) বলে, কারন ইহারা উদ্ভিদগুলির life history (জীবনধারার ইতিহাস)-এর সহিত জড়িত। এইরূপে ওক্, বীচ প্রভৃতি প্রশস্ত পাতাযুক্ত পর্ণমোচী বৃক্ষ হইল এক প্রকার লাইফ ফর্ম, সূচ্যাকার পাতাযুক্ত পাইন গাছ হইল অপর এক প্রকার লাইফ ফর্ম এবং বর্ষজীবী গুল্ম-জাতীয় উদ্ভিদ যাহারা বৎসরের একটি মাত্র ঋতুতেই জীবনচক্র সম্পূর্ণ করে তাহারা হইল তৃতীয় প্রকার লাইফ ফর্ম।

সংগঠনের মধ্যে দুইটি অথবা তিনটি উদ্ভিদের প্রাধান্য দেখা যাইলে তখন ইহাকে climax formation (চরম সংগঠন) বলে। উদাহরণস্বরূপ, ceder-hemlock formation (সেডার-হেমলক সংগঠন)-এর নাম উল্লেখ করা যাইতে পারে।

সংগঠনের অন্তর্গত উদ্ভিদগুলির প্রধান আঞ্চলিক উপরিভাগকে উহাদের associations (সঙ্ঘ) বলে। ইহারাই হইল উদ্ভিদসমষ্টির বৃহত্তম একক এবং ইহাদের মধ্যে একাধিক উদ্ভিদের প্রজাতি প্রাধান্য লাভ করে। কিন্তু উহাদের মধ্যে যদি একটি মাত্র উদ্ভিদের প্রজাতি প্রাধান্য বিস্তার করে তখন উহাদিগকে consociations (কন্‌সোসিয়েশন) বলে। উদাহরণস্বরূপ, reed-swamp formation (শর-তৃণযুক্ত সংগঠন)-এর মধ্যে কন্‌সোসিয়েশন

দেখিতে পাওয়া যায় যাহার মধ্যে Fam. Typhaceae (টাইফাসী-গোত্রীয়), *Typha angusta* (টাইফা অ্যানগাস্টা), *T. elephantina* (টা. এলিফ্যানটিনা), Fam. Cyperaceae (সাইপারেসী-গোত্রীয়), *Scirpus grossus* (স্কিরপাস গ্রসাস), *S. triqueter* (স্কি. ট্রাইকুইটার) এবং Fam. Graminae (গ্রামিনী-গোত্রীয়), *Phragmites karka* (ফ্রাগমাইটিস কার্‌কা) প্রভৃতি উদ্ভিদগুলি প্রধান।

প্রধান উদ্ভিদগুলি ব্যতীত উদ্ভিদসঙ্ঘ অথবা উহাদের কন্‌সোসিয়েশনের অন্তর্গত অন্যান্য প্রজাতিগুলিকে উহাদের subordinate বা অধস্তন প্রজাতি বলে। কতকগুলি অধস্তন প্রজাতি উদ্ভিদসঙ্ঘ অথবা উহাদের কন্‌সোসিয়েশনের মধ্যে সম্পূর্ণরূপে সীমাবদ্ধ থাকে এবং তখন তাহাদিগকে exclusive species (স্বতন্ত্র প্রজাতি) বলে। উদ্ভিদসঙ্ঘ অথবা উহাদের কন্‌সোসিয়েশন, প্রতি ক্ষেত্রেই যে সকল প্রজাতি সর্বদাই দেখিতে পাওয়া যায় তখন তাহাদিগকে constant species (ধ্রুবক প্রজাতি) বলে। স্বতন্ত্র ও প্রজাতিগুলিকে একত্রে characteristic species (বিশিষ্ট প্রজাতি) বলা হয়।

উদ্ভিদসঙ্ঘ অথবা উহাদের কন্‌সোসিয়েশনের অন্তর্গত প্রধান উদ্ভিদগুলি উচ্চ বৃক্ষ হইলে সাধারণত উদ্ভিদসমষ্টিকে **চারিটি** স্তরে সজ্জিত থাকিতে দেখা যায়। ইহাদিগকে যথাক্রমে বৃক্ষস্তর, গুল্মস্তর, বীরুৎস্তর ও ভূমিস্তর বলে। কোনো কোনো ক্ষেত্রে স্তরগুলি সাধারণ অপেক্ষা কমবেশীও হইতে পারে। প্রতি স্তরের উদ্ভিদের গঠন উহাদের অবস্থান ও পারিপার্শ্বিক কারণের উপর নির্ভর করে।

উদ্ভিদসঙ্ঘ অথবা উহাদের কন্‌সোসিয়েশনের অন্তর্গত স্থানীয় উদ্ভিদ সম্প্রদায়ে একটিমাত্র প্রজাতি আঞ্চলিক প্রভাব বিস্তার করিলে উহাকে Society (উদ্ভিদসমাজ) বলে। উদাহরণস্বরূপ বলা যায় যে, Fam. Acanthaceae (অ্যাকানথাসী-গোত্রীয়), *Rungia parviflora* (রুঙ্গীয়া পারভিফ্লোরা), *Nelsonia* (নেলসোনিয়া প্রজাতি) স্বল্পকালের জন্য প্রচুর পরিমাণে জন্মাইতে দেখা যায় এবং এইজন্য ইহারা সুস্পষ্ট উদ্ভিদসমাজ গঠন করে।

Plant succession (উদ্ভিদপর্যায়)

উদ্ভিদসঙ্ঘ, উহাদের কন্‌সোসিয়েশন অথবা উদ্ভিদসমাজ সর্বদাই পরিবর্তনশীল, যদিও উহাদের মধ্যে কিছু স্থিতি অবস্থা প্রাপ্ত হইতে পারে। এই পরিবর্তনগুলির হ্রাসবৃদ্ধি হইলেও বহু বৎসর ধরিয়া বহু প্রকার পরিবর্তনের

মধ্যেও ইহাদের সাম্য অবস্থা প্রাপ্ত হইবার একটি প্রচেষ্টা থাকে। এই সকল পরিবর্তনকে সমষ্টিগতভাবে plant succession (উদ্ভিদপর্যায়) বলে। এই পরিবর্তনগুলি জলবায়ু, জৈব, মৃত্তিকা-সংক্রান্ত অথবা topography বা স্থান-বিবরণ-সংক্রান্ত কারণগুলির দ্বারা সংঘটিত হয়। ইহাদের প্রাথমিক অবস্থায় কোনো নির্দিষ্ট অঞ্চলে pioneer community (উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের প্রবর্তক) প্রতিষ্ঠিত হয়। ক্রমে নূতন পরিবেশের সহিত সমন্বয়ের ফলে, intermediate communities (অন্তর্বর্তী সম্প্রদায়) স্থাপিত হয়। অবশেষে জলবায়ুর ক্রিয়ায় অথবা স্থিতি অবস্থার দ্বারা উদ্ভিদপর্যায়ের অবসান ঘটিয়া climax community (চরম সম্প্রদায়) সুপ্রতিষ্ঠিত হয়। ইহা সর্বপ্রকার পরিবেশের সহিত সমন্বয় স্থাপন করিতে ও বংশ বৃদ্ধি করিতে সক্ষম। চরম অবস্থার পূর্বতন অবস্থাকে pre-climax (পূর্বতন চরম অবস্থা) বলে।

ক্রমপর্যায়ের দ্বারা কোনো নির্দিষ্ট সম্প্রদায় তাহার নিজস্ব গঠন ও কার্যের সাথে যখন চরম সম্পদায়ে পরিণত হয় তখন তাহাকে sere (সিয়ার) বলে। উদ্ভিদ শূন্য স্থানে চরম সম্প্রদায়ে পরিণত হইলে ইহাকে primary sere (মুখ্য সিয়ার) বলে। বহু বৎসর ধরিয়া বহু পরিবর্তনের দ্বারা যে মুখ্য সিয়ার স্থাপিত হয় তাহা প্রায়ই মানুষ অথবা অপরাপর কারণের দ্বারা বাধাপ্রাপ্ত হয়। বহিস্থ বাধা অপসারিত হইলে প্রকৃতি secondary succession (গৌণ পর্যায়) দ্বারা সকল পূর্বতন উদ্ভিদগুলিকে বিনষ্ট করিয়া অথবা সংস্করণ করিয়া নূতন চরম সম্প্রদায় গঠনে সচেষ্ট হয় এবং ইহার ফলে sub-sere (সাব-সিয়ার) গঠিত হয়। উদাহরণস্বরূপ বলা যায় যে, deciduous forests বা পর্ণমোচী বনভূমির বৃক্ষগুলি কাটিয়া ফেলিলে এবং ঐ স্থানে পুনরায় ঐ প্রকার উদ্ভিদ না বসাইলে শীঘ্রই গুল্মজাতীয় উদ্ভিদ জন্মাইতে দেখা যায় এবং কর্তিত অংশ হইতে বহু নূতন উদ্ভিদ উৎপন্ন হয়। অনুরূপে পাইন গাছের বনভূমি দগ্ধ হইলে প্রথমে লাইকেন, লিভারওয়ার্ট, মস প্রভৃতির সাব-সিয়ার দেখা যায় এবং এই সকল উদ্ভিদের স্থলে ক্রমে বীরুৎ ও গুল্মজাতীয় উদ্ভিদ জন্মলাভ করে ও অবশেষে উচ্চ বৃক্ষ উৎপন্ন হইয়া স্থিতিলাভ করে।

বিভিন্ন স্থানের জলের পরিমাণের উপর সিয়ারের শ্রেণীবিভাগ করা হইয়াছে। সিয়ারের উৎপত্তি জলে হইলে উহাকে hydrosere (হাইড্রোসিয়ার) বলে, মরুভূমিতে হইলে xerosere (জেরোসিয়ার) এবং লবণাক্ত স্থানে হইলে helosere (হেলোসিয়ার) বলে।

উন্মুক্ত স্থানে নূতন উদ্ভিদ সম্প্রদায় গঠিত হইবার কালে প্রথমে অল্প কয়েকটি উদ্ভিদের প্রজাতি ইতস্তত বিক্ষিপ্ত অবস্থায় দেখা যায়। এইরূপ সম্প্রদায়কে open plant community (মুক্ত উদ্ভিদ সম্প্রদায়) বলে। ক্রমে অধিক সংখ্যক প্রজাতি জন্মাইয়া একটি ঘন সম্প্রদায় গঠন করে যাহার মধ্যে কয়েকটি প্রজাতির প্রাধান্য দেখা যায়। এই প্রকার সম্প্রদায়কে closed community বলে (বদ্ধ সম্প্রদায়)।

Plant invasion (উদ্ভিদ বিস্তৃতি)

উদ্ভিদের প্রজাতিগুলির বৈশিষ্ট্য হইল যে তাহারা যে স্থানে জন্মায় সেই স্থান হইতে সর্বদাই অন্যত্র বিস্তার লাভ করিতে সচেষ্ট হয়। এইরূপে নূতন স্থানে বিস্তার লাভ করিয়া ঐ স্থানে বহু সংখ্যক উদ্ভিদের প্রজাতি জন্মলাভ করে এবং উহাদের মধ্যে প্রতিযোগিতার দ্বারা যাহারা জীবিত থাকে তাহারাই ঐ স্থানে প্রতিষ্ঠা লাভ করে। এই সম্পূর্ণ প্রক্রিয়াটিকে plant invasion (উদ্ভিদবিস্তৃতি) বলে। উদ্ভিদবিস্তৃতিগুলি নিম্নলিখিত উপায়ে হইতে পারে ; যথা—

1. *continuous* (অবিরাম)—বহু বৎসর ধরিয়া স্বাভাবিকরূপে ধ্বংস প্রাপ্ত হইলেও পরে কোনো নির্দিষ্ট স্থানে উদ্ভিদগুলি বিস্তার লাভ করিয়া সুপ্রতিষ্ঠিত হয়।

2. *Intermittent* (সবিরাম)—বিস্তারকারী উদ্ভিদ নির্দিষ্ট সময় অন্তর তাহাদের আদি বা স্বস্থান হইতে ক্রমে দূরবর্তী অঞ্চলে বিস্তৃত হয় কিন্তু এইরূপ বিস্তার কখনই সুষ্ঠু পর্যায়ে পৌছায় না।

3. *Complete* (সম্পূর্ণ)—বিস্তারকারী উদ্ভিদগুলি ঐ অঞ্চলের সমস্ত প্রাথমিক উদ্ভিদগুলিকে বিনষ্ট করিয়া সুপ্রতিষ্ঠিত হয়।

4. *Partial* (আংশিক)—বিস্তারকারী উদ্ভিদগুলি কোনো অঞ্চলের প্রাথমিক উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের মধ্যে তাহাদের গঠনের কোনো বাস্তব পরিবর্তন না ঘটাইয়া নিজেদের উপযোগী করিয়া লয়। সম্পূর্ণ বিস্তার অপেক্ষা এই প্রকার বিস্তারই সাধারণত দেখা যায়।

5. *Permanent* (স্থায়ী)—বিস্তারকারী উদ্ভিদগুলি আংশিক বিস্তারের পর সম্পূর্ণরূপে প্রতিষ্ঠিত হইয়া একটি স্থিতিশীল উদ্ভিদ সম্প্রদায় গঠন করে।

———

চতুর্থ অধ্যায়

বাস্তু-সংস্থান অনুযায়ী উদ্ভিদের শ্রেণীবিভাগ

(Ecological classification of plants)

বিজ্ঞানীগণ বিভিন্ন সময় নানা প্রকার তথ্যের উপর ভিত্তি করিয়া বিভিন্ন উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের শ্রেণীবিভাগ করিয়াছিলেন। এই সকল তথ্যগুলি হইল যথাক্রমে : (*a*) 1903 খ্রীষ্টাব্দে Schimper (সীম্পার) নামক বিজ্ঞানীর মতে বিভিন্ন অঞ্চলের জলবায়ু, (*b*) 1909 খ্রীষ্টাব্দে Worming (ওয়ারমিং) নামক বিজ্ঞানীর মতে উদ্ভিদের সহিত জলের সম্বন্ধ এবং (*c*) 1916 খ্রীষ্টাব্দে Clement (ক্লীমেন্ট) নামক বিজ্ঞানীর মতে অন্যান্য নানা প্রকার কারণ ইত্যাদি।

বাস্তু-সংস্থান অনুযায়ী এবং মৃত্তিকাস্থ জলের পরিমাণের উপর ভিত্তি করিয়া উদ্ভিদকে নিম্নলিখিত কয়েকটি শ্রেণীতে ভাগ করা হইয়াছে :

I. Hydrophytes (হাইড্রোফাইট বা জলজ উদ্ভিদ)—এই প্রকার উদ্ভিদ ডোবা, পুকুর, বিল, হ্রদ প্রভৃতি স্থানে জন্মায় অর্থাৎ যে সকল স্থানের মৃত্তিকায় প্রচুর পরিমাণে জল থাকে সেই সকল স্থানে ইহারা বাস করে।

II. Mesophytes (মেসোফাইট বা সাধারণ উদ্ভিদ)—এই প্রকার উদ্ভিদ এরূপ স্থানে জন্মায় যেখানে জলের পরিমাণ মাঝামাঝি অর্থাৎ বেশী বা কম নহে।

III. Xerophytes (জেরোফাইট বা জাঙ্গল উদ্ভিদ)—এই প্রকার উদ্ভিদ এরূপ স্থানে জন্মায় সেখানে জলের পরিমাণ অত্যন্ত কম।

IV. Tropophytes (ট্রোপোফাইট)—ইহারা এক প্রকার সাধারণ উদ্ভিদ তবে ঋতুভেদের তারতম্য অনুযায়ী মেসোফাইট ও জেরোফাইট উভয় প্রকারের চরিত্রই দেখিতে পাওয়া যায়।

V. Halophytes (হ্যালোফাইট)—এই প্রকার উদ্ভিদ সমুদ্রোপকূলবর্তী স্থানে জন্মায়। এই স্থানের মৃত্তিকায় প্রচুর পরিমাণ জল থাকিলেও উহাতে অত্যধিক লবণ দ্রবীভূত থাকে বলিয়া শোষণে ব্যাঘাত ঘটে। এই প্রকার মৃত্তিকাকে physiologically dry বা উষর মৃত্তিকা বলে।

VI. Epiphytes (এপিফাইট বা পরাশ্রয়ী উদ্ভিদ)—এই প্রকার উদ্ভিদ অন্যান্য উদ্ভিদের উপর জন্মায় এবং বিশেষ প্রকার বায়বীয় মূলদ্বারা বায়ু হইতে জলীয় বাষ্প শোষণ করে।

VII. Lithophytes (লিথোফাইট)—ইহারা এক প্রকার বিশেষ প্রকৃতির জেরোফাইট বা উদ্ভিদ যাহারা কঠিন পর্বতগাত্রে জন্মায়।

মনে রাখিতে হইবে যে, জলবায়ু ও মৃত্তিকা সংক্রান্ত কারণগুলির পরিবর্তন ঘটে বলিয়া উপরোক্ত শ্রেণীগুলিকে নির্দিষ্ট রেখার দ্বারা পৃথক করা সম্ভবপর নহে।

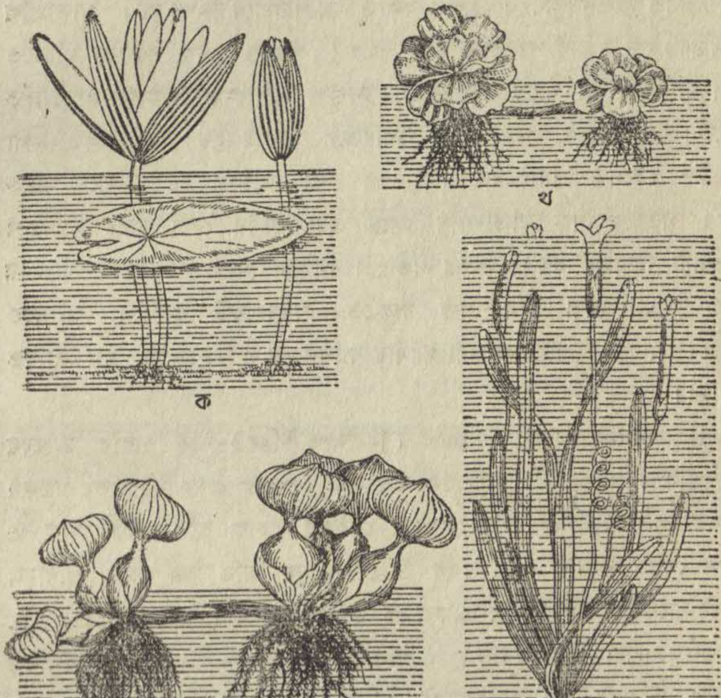
I. HYDROPHYTES (**হাইড্রোফাইট** বা **জলজ উদ্ভিদ**)

এই প্রকার উদ্ভিদ জলে জন্মায়। ইহারা **তিন** প্রকার হইয়া থাকে, যথা (*a*) floating (প্লবমান), (*b*) submerged (নিমজ্জিত) এবং amphibious (অ্যাম্ফিবায়াস)। সকল জলজ উদ্ভিদেই বড় বড় air space (বাতাবকাশ) দেখিতে পাওয়া যায়, কিন্তু palisade tissue (প্যালিসেড কলা) অতিমাত্রায় হ্রাস প্রাপ্ত হইয়া থাকে। ইহাদের ফল ও বীজগুলিতেও বাতাবকাশ থাকে ও জলে বিস্তারের সুবিধার্থে ইহাদের গঠনপদ্ধতিও অনুরূপ হইয়া থাকে।

A. *Floating plants* (প্লবমান উদ্ভিদ)—এই প্রকার উদ্ভিদগুলি সম্পূর্ণ জলে ভাসমান অবস্থায় থাকে অথবা মূলগুলি কর্দমাক্ত মৃত্তিকায় প্রোথিত থাকে এবং পাতা ও ফুলগুলি জলে ভাসিতে দেখা যায়।

প্লবমান উদ্ভিদের মূল খুব কম পরিমাণে থাকে এবং অনেক সময় মূলরোম একেবারেই উৎপন্ন হয় না। *Wolffia* (উলফিয়া), *Salvinia* (স্যালভিনিয়া, এক প্রকার ফার্ন) প্রভৃতি প্লবমান উদ্ভিদ মূলহীন হইয়া থাকে। *Pistia stratiotes* (পিষ্টিয়া স্ট্র্যাটিওটিস বা টোপাপানা), *Lamna trisulca* (লমনা ট্রাইসুলকা) *Eichhornia crassipes or water hyacinth* (আইসরনিয়া ক্রাসিপিস্‌ বা কচুরিপানা), *Hydrocharis cellulosa* (হাইড্রোক্যারিস্‌ সেলুলোজা), *Azolla* (অ্যাজোলা, এক প্রকার ফার্ন) প্রভৃদি উদ্ভিদের মূলত্রাণ থাকে না, কিন্তু ইহারা পরিবর্তে ইহাদের root pocket (মূলাধার) গঠিত হইয়া থাকে। সময় সময় উদ্ভিদকে জলে ভাসাইয়া রাখিবার জন্য floating roots (প্লবমান মূল) নির্গত হয়, যথা *Jussiaea repens* (জুসিয়া রেপেন্স বা কেশরদাম) প্লবমান উদ্ভিদের কাণ্ড খুব নরম হয়। ত্বককোষে কিউটিকল

থাকে না, কিন্তু কিছু ক্লোরোপ্লাস্ট দেখিতে পাওয়া যায়। কর্টেক্সের মধ্যে বড় বড় বাতাবকাশ আছে, কারণ ইহাদের জন্য উদ্ভিদ জলে ভাসিতে পারে ও



১০০নং চিত্র—জলজ উদ্ভিদ ঃ

ক, শালুক বা শাপলা ; খ, বড়পানা ; গ, কচুরিপানা ; ঘ, পাটাশেওলা

শ্বাসকার্যের জন্য ইহাদের মধ্যে অক্সিজেন সঞ্চিত থাকে। স্ক্লেরেনকাইমা ও অন্যান্য স্তম্ভন কলা অত্যন্ত অল্প পরিমাণে থাকে। কচুরিপানা, *Trapa bispinosa* (ট্রাপা বাইস্পাইনোসা বা পানিফল) প্রভৃতি উদ্ভিদের পত্রবৃন্তগুলি স্ফীত হইয়া থাকে কারণ ইহার সাহায্যে উদ্ভিদগুলি জলে ভাসিতে পারে।

Nymphaea lotus (নিম্ফিয়া লোটাস বা পদ্ম), *Nelumbium nucifera*

(নিলামবিয়াম ন্থসিফেরা বা শালুক), *Limnanthemum* sp. (লিমন্থানথিমাম (প্রজাতি) প্রভৃতি উদ্ভিদগুলি রাইজোম দ্বারা কর্দমাক্ত মৃত্তিকার নিম্নে শায়িত অবস্থায় বর্ধিত হয়। ইহাদেরও মূলগুলি অতি অল্প পরিমাণে জন্মায় এবং কাণ্ডগুলিও অতিশয় ক্ষীণ। স্তম্ভন কলাও অল্প পরিমাণে উৎপন্ন হয়। পাতাগুলি সাধারণত বড় ও দীর্ঘ পত্রবৃন্তের উপর থাকে। পত্ররন্ধ্র অথবা পত্রতলে যাহাতে জল দাঁড়াইয়া না থাকে সেইজন্য পত্রতলগুলি সাধারণত মোমদ্বারা আচ্ছাদিত থাকে। পত্ররন্ধ্রগুলি পত্রফলকের উপরিতলে উৎপন্ন হয়। প্যালিসেড কলা সুগঠিত হইলেও প্যালিসেড কলা স্পঞ্জ কলা অপেক্ষা স্বল্প পরিমাণে গঠিত হয়। পত্রবৃন্তে বড় বাতাবকাশ আছে এবং ইহার দৈর্ঘ্য জলের গভীরতা অনুযায়ী নিয়ন্ত্রিত হয়। জলের গভীরতা বাড়িলে অথবা হ্রাস পাইলে পত্রবৃন্তের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি অথবা হ্রাস পায় যাহাতে পত্রফলকটি জলতলে ভাসিতে পারে। পাতার উপরি ত্বকদ্বারা গ্যাসীয় ব্যাপন হয় ও নিম্নতল দ্বারা জল শোষিত হয় না।

B. *Submerged plants* (নিমজ্জিত উদ্ভিদ)—এই প্রকার উদ্ভিদের অংশগুলিতে অতিমাত্রায় পরিবর্তন ঘটে এবং ইহাদের প্রচুর মিউসিলেজ থাকে। ত্বককোষগুলি কিউটিকলবিহীন হয় এবং সেইজন্য ইহারা জলে দ্রবণীয় খাদ্য ও গ্যাস শোষণ করে। এই সকল উদ্ভিদেরও মূল অতি অল্প জন্মায়, শাখামূল প্রায়ই থাকে না এবং মূলরোম একেবারেই উৎপন্ন হয় না। *Utricularia* sp. (ইউট্রিকুলেরিয়া বা ঝাঁঝি) *Ceratophyllum* sp. (সেরাটোফাইলাম) প্রভৃতি উদ্ভিদের মূল একেবারেই গঠিত হয় না। *Vallisneria* sp. (ভ্যালিসন্যারিয়া বা পাটাশেওলা), *Hydrilla* sp. (হাইড্রিলা), *Naias* sp. (ন্যাজাস) প্রভৃতি উদ্ভিদ ও *Chara* sp. (কারা), *Nitella* sp. (নাইটেলা) প্রভৃতি কতিপয় সম্পূর্ণরূপে জলে নিমজ্জিত উদ্ভিদ জল হইতে খাদ্য সংগ্রহ করিলেও মৃত্তিকা হইতেও আংশিক জল ও খাদ্য শোষণ করে। নিমজ্জিত কাণ্ডগুলি দীর্ঘ ও শীর্ণ হয়। ভ্যাস্কুলার বাণ্ডিল অতি অল্প থাকে। কর্টেক্স বৃহত্তর এবং ইহাতে বাতাবকাশ আছে। স্তম্ভন কলা অল্প পরিমাণে গঠিত হয় কারণ ইহাদের কোনোরূপ প্রয়োজন নাই। ভ্যাস্কুলার বাণ্ডিলগুলি সাধারণত কেন্দ্রের দিকে অবস্থিত। পাতাগুলি আকারে ক্ষুদ্র ও পাতলা হয়। ইহারা সাধারণত দীর্ঘ এবং সরু ফিতার মত দেখিতে অথবা সম্পূর্ণরূপে খণ্ডিত হইয়া থাকে। ইহাতে পাতার অধিকাংশ অংশই জল শোষণে অংশ গ্রহণ করে। সাধারণত যে সকল উদ্ভিদ স্থির জলে জন্মায় তাহাদের পাতা

ফিতার ন্যায় হয় কিন্তু প্রবহমান জলে যে সকল উদ্ভিদ জন্মায় তাহাদের পাতাগুলি খণ্ডিত হইয়া থাকে। *Myriophyllum* sp (মাইরিওফাইলাম), *Utricularia* (ইউট্রিকুলেরিয়া বা ঝাঁঝি) প্রভৃতি অতিমাত্রায় খণ্ডিত এবং ইহারা মূলের ন্যায় জল শোষণে অংশ গ্রহণ করে। শেষোক্ত উদ্ভিদের কতকগুলি পাতা ক্ষুদ্র থলির ন্যায় আকার ধারণ করে যাহা পতঙ্গ ধরিবার ফাঁদে পরিণত হয়। পত্ররন্ধ্র সাধারণত থাকে না। মেসোফিল কলা সাধারণত প্যালিসেড ও স্পঞ্জ কলায় বিভেদিত হয় না এবং প্লাস্টিডগুলি আকারে বৃহত্তর হয়।

C. *Amphibious plants* (জলস্থলজ উদ্ভিদ)—*Polygonum orientale* (পলাইগোনাম ওরিয়েন্টেল বা পানমরিচ), *Marsilea quadrifolia* (মার্শিলিয়া কোয়াড্রিফোলিয়া বা শুশনি), *Enhydra fluctuans* (এনহাইড্রা ফ্লাকচুএন্স বা হিংচা শাক), *Bacopa monnieri* (ব্যাকোপা মোনেরি বা ব্রাহ্মী), *Colocasia antiquorum* (কলোকেসিয়া আন্টিকুয়োরাম বা কচু), *Typha angusta* (টাইফা অ্যাঙ্গাস্টা বা হোগলা), *Caratopteris* sp. (সেরাটপটেরিস বা এক প্রকার ফার্ন), কয়েক প্রকার ঘাস প্রভৃতি জলস্থলজ উদ্ভিদ, আংশিক জলে ও আংশিক স্থলে জন্মায়। ইহাদের মূলে ও পাতাসহ কাণ্ডের কিয়দংশ জলের নিচে থাকে কিন্তু সাধারণ উদ্ভিদের ন্যায় বায়বীয় কাণ্ড ও শাখা-প্রশাখাও দেখিতে পাওয়া যায়। এই প্রকার উদ্ভিদকে halophytes বা marsh plants (হেলোফাইট অথবা জলাভূমিজ উদ্ভিদ)-ও বলা হয়। ইহাদের মধ্যে অধিকাংশই আবার মৃত্তিকা শুষ্ক হইলে, ঐরূপ পরিবেশে নিজেদের নিয়ন্ত্রিত করিবার ক্ষমতা অর্জন করে এবং mesophytes বা সাধারণ উদ্ভিদের ন্যায় আচরণ করে। মূলগুলি সুগঠিত, অস্থানিক, শাখান্বিত ও ইহাদের মূলরোম থাকে। মৃত্তিকায় স্বল্প লবণ দ্রবীভূত থাকিলে শ্বাসমূল নির্গত হইতেও পারে। মূলেও বাতাবকাশ দেখিতে পাওয়া যায়। কাণ্ডগুলি শাখিত rhizomes (রাইজোম) অথবা runner (ধাবক) হইয়া থাকে এবং এই বিশেষ চরিত্রটি hydrophytic (জলজ), mesophytic (সাধারণ) ও xerophytic (জাঙ্গল)—এই তিন প্রকার উদ্ভিদের ক্ষেত্রেই দেখা যায়। সঞ্চয় কলা, স্তম্ভন কলা ও ভ্যাস্কুলার কলা সুগঠিত। অধিকাংশ ক্ষেত্রে কাণ্ডের নিমজ্জিত অংশের সুষ্ঠ বাতাবয়নের জন্য বাতাবকাশগুলি ঝিল্লীর দ্বারা আবৃত থাকে। অতিরিক্ত প্রস্বেদন হ্রাস করিবার জন্য ইহাদের এপিডারমিস স্থূল হইয়া থাকে। যে সকল উদ্ভিদ অগভীর জলে জন্মায় তাহাদের পাতাগুলি

জলজ উদ্ভিদের ন্যায় খণ্ডিত হয়, কিন্তু ইহাদের বায়বীয় অংশের পাতাগুলি বড় ও অখণ্ডিত থাকে। উদ্ভিদের এইরূপ দুই প্রকার পাতা ধারণ করিবার বৈশিষ্ট্যকে heterophylly (বিবিধপত্রী) বলে। কিউটিকল স্থূল নহে। বায়বীয় পাতার উপরিতলে প্রচুর পত্ররন্ধ্র দেখিতে পাওয়া যায়। মেসোফিল কলা প্যালিসেড ও স্পঞ্জ কলায় বিভেদিত। স্পঞ্জ কলা প্যালিসেড কলা অপেক্ষা সুগঠিত। মেসোফিল কলায় প্রচুর বড় বড় বায়ু প্রকোষ্ঠ দেখিতে পাওয়া যায়। অন্যান্য জলজ উদ্ভিদ অপেক্ষা ইহাদের ভ্যাস্কুলার কলা অধিকতর সুগঠিত।

Flora of ponds, jheels and tanks (পুষ্করিণী, ঝিল ও স্বাভাবিক জলাশয়ের উদ্ভিদ):

পুষ্করিণী, ঝিল ও স্বাভাবিক জলাশয়কে স্থায়ী জলাধার বলিয়া গণ্য করা হয়, কারণ ইহারা গ্রীষ্মকালে সাধারণত শুকাইয়া যায় না। এই প্রকার পরিবেশে যে সকল উদ্ভিদ জন্মায় তাহাদের **চারিটি** অঞ্চলে ভাগ করা হইয়াছে; যথা—(*a*) *zone of vital layer* (জৈব জীবনের অত্যাবশ্যক অঞ্চল), (*b*) *zone of rooted aquatics* (মূলদ্বারা প্রোথিত জলজ উদ্ভিদের অঞ্চল), (*c*) *zone of suspended vegetation* (ভাসমান উদ্ভিদের অঞ্চল) এবং (*d*) *zone of phytoplankton* (ফাইটোপ্লাঙ্কটনের অঞ্চল)।

জৈব জীবনের অত্যাবশ্যক অঞ্চল বলিতে জলাশয়ের নিম্নতলে কাদা অথবা পলিমাটিতে যে সকল উদ্ভিদ জন্মায় তাহাদের বুঝায়। ইহাদের মধ্যে আছে বিভিন্ন প্রকার ডায়াটম, নীলাভ সবুজ শৈবাল, Schizomycetes (সীজো-মাইসিটিস) ও নানা প্রকার ব্যাকটিরিয়া যাহাদের মধ্যে কেহ কেহ ঐ অঞ্চলে অবস্থিত অন্যান্য উদ্ভিদ ও প্রাণিদেহ বিনষ্ট করিতে সাহায্য করে। দ্বিতীয় অঞ্চলে প্রধানত উচ্চশ্রেণীর উদ্ভিদ দেখিতে পাওয়া যায় এবং ইহাদের মধ্যে আছে *Vallisneria spiralis* (ভ্যালিসনেরিয়া স্পাইরালিস বা পাতা-শেওলা)। তৃতীয় অঞ্চল বলিতে মূলদ্বারা প্রোথিত জলজ উদ্ভিদের অঞ্চল ও ঐরূপ ফাইটোপ্ল্যাঙ্কটন বুঝায় এবং এই অঞ্চলে *Hydrilla verticillata* (হাইড্রিলা ভারটিসিলাটা), *Utricularia steleta* (ইউট্রিকুলারিয়া স্টেলেটা বা ঝাঁঝি), *Ceratophyllum demersum* (সেরাট্রোফাইলাম ডেমারসাম) ইত্যাদি দেখিতে পাওয়া যায়। চতুর্থ অঞ্চল বলিতে *Volvox* (ভলভক্স), *Cosmarium* (কসম্যারিয়াম), Diatoms (বিভিন্ন প্রকার ডায়াটম),

Anabaena (অ্যানাবিনা) প্রভৃতি অতি ক্ষুদ্র microplanktons (মাইক্রো-প্ল্যাঙ্কটন) বুঝায় যাহাদের অণুবীক্ষণ যন্ত্র ভিন্ন দেখা যায় না অথবা *Eichhornia* sp. (আইসরনীয়া বা কচুরিপনা), *Pistia* sp. (পিষ্টিয়া বা টোপাপানা), *Lemna* sp. (লেমনা) প্রভৃতি উচ্চশ্রেণীর সপুষ্পক উদ্ভিদ এবং *Salvinia* sp. (স্যালাভিনিয়া), *Azolla* sp. (অ্যাজোলা), *Ceratopteris* sp. (সেরাটপ-টেরিস) প্রভৃতি অপুষ্পক উদ্ভিদের macrophytoplankton (ম্যাক্রো-ফাইটোপ্ল্যাঙ্কটন) বুঝায়।

উপরি-উক্ত অঞ্চল ব্যতিরেকে *Chara* (কারা), *Nitella* (নাইটেলা), *Nymphaea* (নিম্ফিয়া বা শালুক), *Nelumbo* (নিলাম্বো বা পদ্ম), *Trapa* (ট্রাপা বা পানিফল) *Potamogaton* (পোটামোগেটন), Enhydra (এনহাইড্রা বা হিংচা), *Ipomoea* (আইপোমিয়া বা কল্মিশাক), বিভিন্ন প্রকার জলজ ঘাস প্রভৃতি দেখিতে পাওয়া যায় এবং এই প্রকার উদ্ভিদকে একত্রে Limnaea formation of Benthos of loose soil (লিমনিয়া ফরমেশন অফ বেনথস্ অফ লুজ সয়েল) বলে।

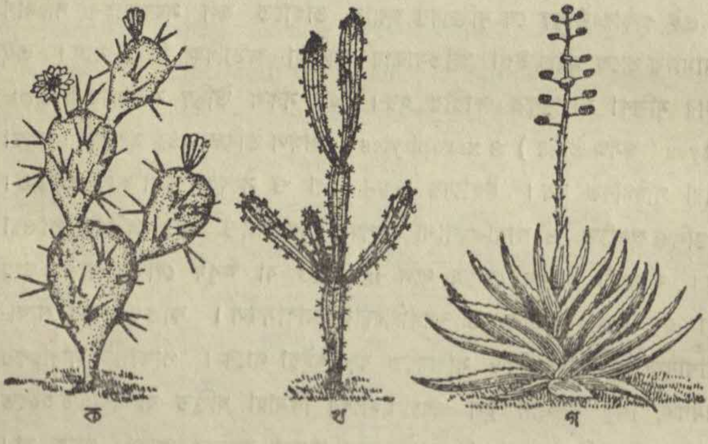
II. Mesophytes (**মেসোফাইট বা সাধারণ উদ্ভিদ**)

এই প্রকার উদ্ভিদ যে মৃত্তিকায় জন্মায় তাহাতে জল সরবরাহের পরিমাণ মাঝামাঝি থাকে অর্থাৎ ইহা অতিমাত্রায় শুষ্ক বা অত্যধিক ভিজা নহে। এই প্রকার মৃত্তিকা সাধারণত ক্ষারীয় হয়। এই সকল উদ্ভিদ সাধারণত hydro-phtyes (জলজ উদ্ভিদ) ও xerophytes (জাঙ্গল উদ্ভিদ)-এর মধ্যবর্তী অবস্থা বলিয়া পরিগণিত হয়। ইহাদের স্তম্ভন কলা ও সংবহন কলা অতি সুগঠিত। মূলগুলিও সুগঠিত ও শাখা-প্রশাখা সম্পন্ন। মূলরোমও প্রচুর দেখিতে পাওয়া যায়। কয়েকটি বিশেষ ক্ষেত্রে মূলে *nodules* বা অর্বুদ দেখিতে পাওয়া যায় যাহা এক প্রকার ছত্রাক ও ব্যাকটিরিয়ার আবাসস্থল। কাণ্ডও প্রচুর শাখা-প্রশাখাযুক্ত ও পাতাগুলিও সাধারণত বড় হইয়া থাকে। পাতাগুলি সাধারণত বিষমপত্র, কিছু পরিমাণ স্থূল এবং ইহাদের কিনারা খণ্ডিত বা অখণ্ডিত হইতে পারে। পাতাগুলিতে কোনো মোম, রোম অথবা রজনের আবরণ থাকে না। মেসোফিল প্যালিসেড ও স্পঞ্জ কলায় সুস্পষ্ট বিভেদিত এবং ইহাদের প্রচুর ক্লোরোপ্লাস্ট থাকে যাহার ফলে পাতাগুলি গাঢ় সবুজ বর্ণের হয়। পাতার নিম্নতলে প্রচুর পত্ররন্ধ্র দেখিতে পাওয়া যায় কিন্তু *Phonix* sp. (ফিনিক্স অথবা খেজুর), *Iris* sp. (আইরিস) প্রভৃতি সমদ্বিতল পাতার ক্ষেত্রে পত্ররন্ধ্রগুলি উভয় তলেই সমভাবে বণ্টিত থাকে।

III. Xerophytes (**জেরোফাইট বা জাঙ্গল উদ্ভিদ**)

এই প্রকার উদ্ভিদ যে মৃত্তিকায় জন্মায় তাহাতে জল সরবরাহের পরিমাণ অতিশয় কম। এই প্রকার মৃত্তিকাকে physiologically dry soil বা প্রকৃত শুষ্ক মৃত্তিকা বলে। মৃত্তিকার প্রকৃতি অনুযায়ী নিম্নলিখিত জাঙ্গল উদ্ভিদ দেখিতে পাওয়া যায়; যথা—(*a*) lithophytes (লিথোফাইট), অর্থাৎ ইহারা প্রস্তর-যুক্ত মৃত্তিকায় জন্মায়; (*b*) psamophytes (স্যামোফাইট), অর্থাৎ ইহারা বালি ও কাঁকরযুক্ত মৃত্তিকায় জন্মায় এবং (*c*) *chersophytes* (চেরসোফাইট), অর্থাৎ ইহারা মরুভূমি অঞ্চলে জন্মায়। জাঙ্গল উদ্ভিদ শুষ্কতা প্রতিহত করিবার শক্তি অর্জন করে এবং তদনুযায়ী বর্তমানে জাঙ্গল উদ্ভিদকে দুইটি ভাগে ভাগ করা হইয়াছে, যথা *succulents* বা সরস ও true xerophytes (প্রকৃত জাঙ্গল উদ্ভিদ)।

শুষ্ক মৃত্তিকায় জন্মাইলে জাঙ্গল উদ্ভিদ সতেজ ও দৃঢ় থাকে এবং মৃত্তিকায়



১০১নং চিত্র—জাঙ্গল উদ্ভিদ:
ক, ফণিমনসা; খ, বাজবরণ; গ, বিলাতী আনারস

জল সেচন করিলে উদ্ভিদের বৃদ্ধিও ভাল হয় ও ফসল উৎপাদনের পরিমাণও বৃদ্ধি পায়। মূল অতিশয় সুগঠিত; প্রধান মূলটি মৃত্তিকার বহু নিম্ন পর্যন্ত

পরিচালিত হয় এবং শাখামূলগুলি চতুর্দিকে বহু দূর পর্যন্ত প্রসারিত হয়। মূলগুলি ঘন মূলরোম দ্বারা আচ্ছাদিত। কোনো কোনো ক্ষেত্রে জলের সরবরাহ মৃত্তিকার উপরিতলে সীমাবদ্ধ থাকে এবং সেইজন্য মূলগুলি কেবলমাত্র মৃত্তিকার উপরিতল পর্যন্ত বিস্তৃত থাকে। কাণ্ড ভূনিম্নস্থ অথবা কাষ্ঠল হইতে পারে এবং ইহাদের স্তম্ভন কলা ও সংবহন কলা অতীব সুগঠিত। ইহারা ঘন রোম, মোম অথবা সিলিকা দ্বারা আচ্ছাদিত। *Opuntia dillenii* (ওপানসিয়া ডাইলেনি বা ফণিমনসা) বিভিন্ন প্রকার cactus (ক্যাকটাস) প্রভৃতির ক্ষেত্রে কাণ্ড phylloclade বা পর্ণকাণ্ডে ও *Asparagus racemosus* (অ্যাসপারাগাস র‍্যাসিমোসাস) বা শতমূলির ক্ষেত্রে ইহা cladode বা ক্ল্যাডোডে রূপান্তরিত হয়। কোনো কোনো ক্ষেত্রে কাণ্ডের আকার এইরূপে হ্রাসপ্রাপ্ত হয় যে মনে হয় যেন পাতা মূল হইতে সোজা উৎপন্ন হইয়াছে। কাণ্ডত্বকের উপরে ঘন cuticle (কিউটিকল) গঠিত হয়। কাণ্ডে laticiferous tissue (ক্ষীরকলা) দেখিতে পাওয়া যায়। পাতাগুলি অতিশয় ক্ষুদ্র, স্থূল, গুটান অথবা সূচ্যাকার ঘন রোমদ্বারা আচ্ছাদিত ও পত্রত্বক ঘন কিউটিকল সম্পন্ন। কখনও কখনও পাতা শুষ্ক অথবা কাঁটায় পরিণত হয়। *Acacia moniliformis* (অ্যাকেশিয়া মনিলিফরমিস বা আকাশমণি) প্রভৃতির পাতার পত্রবৃন্ত phyllade (পর্ণবৃন্ত)-এ পরিণত হয় এবং এইরূপে প্রস্বেদন তলের পরিমাণ হ্রাসপ্রাপ্ত হয়। *Chenopodium* (চেনোপোডিয়ম) প্রভৃতির পাতা জল ও latex (ল্যাটেক্স) সঞ্চয় করিয়া অতিশয় স্ফীত হয়। পত্ররন্ধ্রের সংখ্যা কম এবং ইহারা গহ্বরের মধ্যে নিহিত থাকে ও রোম অথবা মোমদ্বারা আচ্ছাদিত থাকে। কোষমধ্যবর্তী স্থানের পরিমাণ অতিশয় হ্রাসপ্রাপ্ত হয়। পাতার প্যালিসেড কলা স্পঞ্জ কলা অপেক্ষা অধিকতর সুগঠিত। স্ফীত উদ্ভিদ ব্যতিরেকে অন্যান্য জাঙ্গল উদ্ভিদের পাতাগুলিতে স্তম্ভন কলা ও স্ক্লেরেনকাইমা কলা অতিশয় সুগঠিত। ফুল সাধারণত শুষ্ক ঋতুতে অথবা শুষ্ক ঋতুর প্রারম্ভে এবং কখনও বর্ষার প্রারম্ভে দেখিতে পাওয়া যায়। বীজগুলি ফলের কঠিন আবরণের মধ্যে এবং জলে সিক্ত হইলে ফাটিয়া যায়।

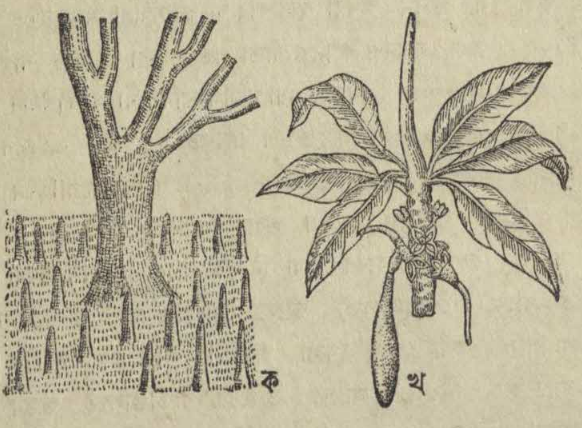
IV. Tropophytes (ট্রোপোফাইট)

ট্রোপোফাইট শ্রেণীর উদ্ভিদগুলিতে গ্রীষ্ম বা শীত ঋতুতে জাঙ্গল উদ্ভিদের চরিত্র দেখা দেয় কিন্তু বৎসরের অন্যান্য সময় ইহারা সাধারণ উদ্ভিদের ন্যায় আচরণ করে। কখনও কখনও ইহারা বর্ষাকালে জলজ উদ্ভিদের ন্যায় চরিত্র

ধারণ করে। *Spondias mangifera* (স্পনডিয়া ম্যানজিফেরা বা আমড়া), *Salmalia malabarica* (স্যালম্যালিয়া ম্যালাবারিকা বা শিমূল), *Erythrina indica* (এরিথিনা ইণ্ডিকা বা পলাশ), *Ficus benghalensis* (ফাইকাস বেঙ্গালেনসিস বা বট), *Shorea robust* (শোরিয়া রোবাস্টা বা শাল) প্রভৃতি উদ্ভিদের পাতাগুলি শীতকালের প্রারম্ভে নিয়মিত ঝরিয়া যায় কিন্তু বসন্তকালে অথবা বর্ষাকালে নূতন পাতা উৎপন্ন হয়।

V. Halophytes (হ্যালোফাইট)

হ্যালোফাইট সাধারণত লবণাক্ত জলে বা মৃত্তিকায় জন্মায়। ইহাতে প্রচুর পরিমাণে লবণ দ্রবীভূত থাকে বলিয়া শোষণকার্য প্রায় রুদ্ধ হয়। এই প্রকার মৃত্তিকাকে physiologically dry soil (ঊষর মৃত্তিকা) বলে। এইজন্য ইহাদের চরিত্র জাঙ্গল উদ্ভিদের ন্যায় হইয়া থাকে। উদ্ভিদগুলি বর্ষজীবী বা বহুবর্ষজীবী হইয়া থাকে এবং বীরুৎ, গুল্ম বা বৃক্ষ হইতে পারে। উদ্ভিদগুলির

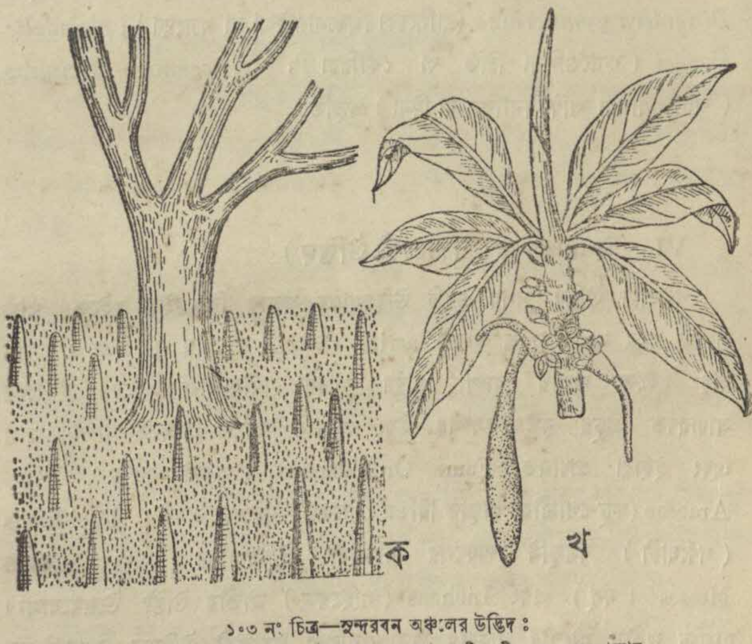


১০২নং চিত্র—শ্বাসমূল

আকার ক্ষুদ্র হইয়া থাকে এবং *Acanthus illicifolius* (অ্যাকান্থাস ইল্লিসিফোলিয়াস বা হারগোজা) প্রভৃতি উদ্ভিদের ক্ষেত্রে কাণ্ড ও *Salsola kali* (স্যালসোলা ক্যালি), *Suaeda maritima* (সুয়েডা ম্যারাইটিমা) প্রভৃতি উদ্ভিদের ক্ষেত্রে পাতা স্ফীত হইয়া থাকে। স্ফীত উদ্ভিদগুলি প্রথমবস্থায় ঘন সবুজ বর্ণের হয় কিন্তু পরিণত হইলে ইহারা পীতাভ সবুজ অথবা লোহিত বর্ণ ধারণ করে। ইহাদের মূল অতিশয় সুগঠিত। উদ্ভিদগুলি

বীরুৎ হইলে কাণ্ড শায়িত এবং অনিয়ত শাখাবিন্যাসযুক্ত হয় ও রোম এবং মোমদ্বারা আচ্ছাদিত হইতে পারে, যদিও উদ্ভিদগুলি প্রধানত রোমবিহীন হইয়া থাকে। জাঙ্গল উদ্ভিদের ন্যায় কাণ্ডে স্তম্ভন কলা ও সংবহন কলা অতিশয় সুগঠিত কিন্তু কোষমধ্যবর্তী স্থান অতি অল্পই দেখিতে পাওয়া যায়। পাতা সাধারণত অখণ্ডিত এবং ইহা রেখাকার, চসমাকার অথবা গোলাকার হয়। কোনো কোনো ক্ষেত্রে পাতা উৎপন্ন হয় না অথবা শল্কপত্রে রূপান্তরিত হয়। পাতাও রোম অথবা মোমদ্বারা আচ্ছাদিত হইতে পারে। পত্ররন্ধ্রগুলি সাধারণত গহ্বরে নিহিত থাকে না। প্যালিসেড কলা অতিশয় ঘনবিন্যস্ত।

যে-সকল হ্যালোফাইট সুন্দরবন প্রভৃতি অঞ্চলের সমুদ্রোপকূলবর্তী স্থানে বা লবণাক্ত জলে জন্মায় তাহাদের mangrove (ম্যানগ্রোভ বা গরানজাতীয়)



১০৩ নং চিত্র—সুন্দরবন অঞ্চলের উদ্ভিদ :
ক, শ্বাসমূল : খ, গাছের উপর ফল থাকাকালীন বীজের অঙ্কুরোদ্গম

উদ্ভিদ বলে। এই সকল উদ্ভিদ খর্ব বা গম্বুজাকৃতি হয়। ইহাতেও পাতাগুলি সাধারণত মসৃণ ও চকচকে হয়। ইহারা বহু stilt root (ঠেসমূল)

উৎপন্ন করে; ইহাদের দ্বারা উদ্ভিদগুলি কাদামাটিতে দৃঢ়বদ্ধ হয়। উদ্ভিদগুলি যে স্থানে জন্মায় তাহার চতুর্দিকে এক প্রকার বিশেষ প্রকৃতির মূল মৃত্তিকা ভেদ করিয়া উপরিভাগে বিস্তৃত হইতে দেখা যায়। ইহারা উদ্ভিদের শাখামূল হইতে নির্গত হয় এবং ইহাদের pneumatophores or breathing root (নিউম্যাটোফোর বা শ্বাসমূল) বলে। ইহাদের বীজের viviparous germination (জরায়ুজ অঙ্কুরোদ্গম) দেখা যায় কিন্তু *Sonneratia apetala* (সোনারেটিয়া অ্যাপেটালা বা কেহুড়া) এবং কয়েকটি উদ্ভিদে এইরূপ অঙ্কুরোদ্গম দেখা যায় না।

নিম্নে কয়েকটি উল্লেখযোগ্য গরানজাতীয় গাছের উদাহরণ দেওয়া হইল; যথা—

Ceriops roxburghiana (সিরিয়পস্ রক্সবারগিয়ানা বা গরান); *Rhizophora mucronata* (রাইজোফোরা মিউক্রোনাটা, বোড়া বা খামু); *Braguiera gymnorhiza* (ব্রাগিয়েরা জিমনোরাইজা বা ক্যাংড়া); *Kandelia rheidei* (ক্যাণ্ডেলিয়া রিডি বা কোরিয়া); *Avicennia officinalis* (অ্যাভিসিনিয়া অফিসিনালিস বা বিনা) প্রভৃতি।

VI. Epiphytes (পরাশ্রয়ী উদ্ভিদ)

পরাশ্রয়ী উদ্ভিদ অপর একটি উদ্ভিদগাত্রে জন্মায় কিন্তু ইহা হইতে খাদ্য সংগ্রহ করে না। পরন্তু ইহারা aerial roots (বায়বীয় মূল)-এর সাহায্যে বায়ু হইতে জলীয় বাষ্প শোষণ করিয়া জীবনধারণ করে। ইহাদের সাধারণত প্রচুর বৃষ্টিপাতসম্পন্ন উষ্ণ বনভূমি অঞ্চলে দেখিতে পাওয়া যায় এবং ইহারা প্রধানত Fam. Orchidaceae (রাস্না-গোত্রীয়), Fam. Araceae (কচু-গোত্রীয়) প্রভৃতি বিভিন্ন গোত্রের উদ্ভিদের সমষ্টি। Deciduous (পর্ণমোচী) বনভূমি অঞ্চলের পরাশ্রয়ী উদ্ভিদগুলির মধ্যে প্রধানত Mosses (মস্) এবং Lichens (লাইকেন) জাতীয় উদ্ভিদ উল্লেখযোগ্য। বায়ুতে জলীয় বাষ্পের পরিমাণ অত্যল্প বলিয়া পরাশ্রয়ী উদ্ভিদের আকৃতিগত বৈশিষ্ট্য কিয়ৎপরিমাণে xerophytes (জাঙ্গল উদ্ভিদ)-এর মত হইয়া থাকে। ইহাদের দুই প্রকার adventitious roots (অস্থানিক মূল) নির্গত হয়। প্রথম প্রকার মূল ইহাদের অন্যান্য উদ্ভিদগাত্রে আবদ্ধ করিতে সাহায্য করে

এবং দ্বিতীয় প্রকার মূল বাতাসে ঝুলিয়া থাকে এবং ইহাদের গাত্রে এক প্রকার বহু স্তরের প্যারেনকাইমা কোষযুক্ত বিশেষ আবরণ থাকে যাহা বায়ু হইতে জলীয় বাষ্প শোষণে অংশ গ্রহণ করে। এই প্রকার আবরণকে velamen (ভেলামেন) বলে। উষ্ণপ্রধান বনভূমি অঞ্চলে *Dischidea rafflesiana* (ডিস্‌কিডিয়া) নামক পরাশ্রয়ী উদ্ভিদের পাতা ভবিষ্যতের জন্য জল সংগ্রহের উদ্দেশ্যে কলসীর ন্যায় আকৃতি ধারণ করে। এই জল nodes (পর্বসন্ধি) হইতে নির্গত অস্থানিক মূলদ্বারা শোষিত হয়। *Tillandsia bulbosa* (টিলাণ্ডসিয়া) নামক উদ্ভিদের ক্ষেত্রে পাতাগুলি একত্রিত হইয়া একটি পাত্রের ন্যায় আকার ধারণ করে এবং বৃষ্টির জল সঞ্চয় করিয়া রাখে। পরে এই জল পাত্রমধ্যস্থ শল্কপত্রের দ্বারা শোষিত হয়।

VII. Lithophytes (**লিথোফাইট**)

এই প্রকার উদ্ভিদ উন্মুক্ত কঠিন পর্বতগাত্রে জন্মায়। ইহারা সাধারণত algae (শৈবাল), fungi (ছত্রাক), mosses (মস্), lichens (লাইকেন্) pteridophytes (টেরিডোফাইট) প্রভৃতি বিভিন্ন অপুষ্পক উদ্ভিদের সমষ্টি।

লিথোফাইট কঠিন প্রস্তরগাত্রে জন্মায় বলিয়া ইহাদের জীবনধারণের জন্য বৃষ্টির জল, শিশির, বরফগলিত জল অথবা পর্বতগাত্রে বাহিত জলের উপরে নির্ভর করিতে হয়। মস, লিভারওয়ার্ট, লাইকেন্ প্রভৃতি rhizoids (রাইজয়েড) শুধু যে পর্বতগাত্রে আবদ্ধ থাকে তাহা নহে ইহারা পর্বতগাত্র হইতেও জল শোষণ করে।

পর্বতের উষ্ণতার তারতম্যের জন্য এবং শুষ্ক বায়ুপ্রবাহের দ্বারা এই অঞ্চলের উদ্ভিদগুলি শুষ্ক হইয়া যাইবার সম্ভাবনা থাকে। দেখা গিয়াছে যে লাইকেনের বিভিন্ন প্রজাতির মধ্যে অতি শীতল বায়ু সহ্য করিবার ক্ষমতা থাকে।

উন্মুক্ত পর্বতগাত্রে প্রথমে প্রধানত শৈবাল ও ছত্রাক শ্রেণীর উদ্ভিদ জন্মায়; ইহারা ক্রমে বীরুৎ শ্রেণীর উদ্ভিদের উপযোগী পুষ্টিকর মৃত্তিকা গঠন করে। বীরুৎ শ্রেণী উদ্ভিদ কিঞ্চিৎ বৃদ্ধি পাইলে, মৃত্তিকার জলধারণের ক্ষমতা বৃদ্ধি পায় এবং ঐ স্থানে ক্রমে pteridophyte (টেরিডোফাইট) উদ্ভিদ প্রভৃতি এবং বিভিন্ন উচ্চ শ্রেণীর সপুষ্পক উদ্ভিদ জন্মগ্রহণ করে।

Comparison among Hydrophytes, Xerophytes and Helophytes

(জলজউদ্ভিদ জাঙ্গলউদ্ভিদ ও হ্যালোফাইটের বৈশিষ্ট্য)

A. MORPHOLOGICAL PECULIARITIES (বহিঃ আকৃতির বৈশিষ্ট্য)

Hydrophytes (জলজ উদ্ভিদ)	Xerophytes (জাঙ্গল উদ্ভিদ)	Halophytes (হ্যালোফাইট)
(*a*) মূল গঠিত হয় না। কখনও কখনও মূলরোম থাকে না; কোনো কোনো ক্ষেত্রে মূলাধার দেখিতে পাওয়া যায়। যাহাদের মূল মৃত্তিকায় আবদ্ধ থাকে তাহাদের সুগঠিত অস্থানিক মূল উৎপন্ন হয়।	(*a*) সুস্পষ্ট মূল দেখিতে পাওয়া যায়, এবং প্রধান মূল মাটির নিচে বহুদূর পর্যন্ত যায় ও চারিদিকে শাখামূল বিস্তার করে।	(*a*) সুগঠিত মূল দেখিতে পাওয়া যায়।
(*b*) কাণ্ড খুব নরম অথবা শীর্ণ ও দীর্ঘ হয়। যে-সকল উদ্ভিদ আংশিক জলে জন্মায় তাহাদের জলের উপরিভাগে কাণ্ডের অংশ শাখা-প্রশাখা যুক্ত হয়।	(*b*) কাণ্ড ভূনিম্নস্থ ও কাষ্ঠল হইতে পারে; ইহা রোম অথবা মোম দ্বারা আচ্ছাদিত; কখনও কখনও ইহা কাঁটা অথবা phylloclade বা পর্ণ-কাণ্ডে রূপান্তরিত হয়; কোনো কোনো ক্ষেত্রে কাণ্ড অতীব হ্রাসপ্রাপ্ত হয় এবং মনে হয় যেন পাতা হইতে উৎপন্ন হইয়াছে।	(*b*) কাণ্ড স্ফীত অথবা আকারে ক্ষুদ্র হয়, কখনও কখনও শায়িত অনিয়ত শাখা-বিন্যাসযুক্ত ও রোমদ্বারা আচ্ছাদিত হয় কিন্তু কাণ্ড সাধারণত রোমবিহীন হইতে পারে।
(*c*) পাতাগুলি সাধারণত বড়, দীর্ঘ ও	(*c*) পাতাগুলি অতিশয় ক্ষুদ্র; স্থূল এবং	(*c*) পাতাগুলি অখণ্ডিত, রেখাকার,

Hydrophytes (জলজ উদ্ভিদ)	Xerophytes জাঙ্গল উদ্ভিদ	Halophytes (হ্যালোফাইট)
বৃন্তযুক্ত হয়; কখন কখনও সরু ফিতার মত দেখিতে হয় অথবা খণ্ডিত হয়। যে-সকল উদ্ভিদ আংশিক জলে জন্মায় তাহাদের জল-তলের নিচের পাতাগুলি খণ্ডিত হয়। জলের উপরিভাগের পাতা অখণ্ডিত থাকে।	ঘন রোম অথবা মোম দ্বারা আচ্ছাদিত। কখনও কখনও পত্রবৃন্তে phyllode বা পর্ণবৃন্তে পরিণত হয়। কোনো কোনো ক্ষেত্রে পাতা জল ও latex (তরুক্ষীর) সঞ্চয় করিয়া স্ফীত হয়।	চশমাকার অথবা গোলা-কার হয়। কোনো কোনো ক্ষেত্রে পাতা উৎপন্ন হয় না অথবা ইহা শল্কপত্রে রূপান্তরিত হয়;

B ANATOMICAL PECULIARITIES (অন্তর্গঠনের বৈশিষ্ট্য):

Hydrophytes (জলজ উদ্ভিদ)	Xerophytes (জাঙ্গল উদ্ভিদ)	Halophytes (হ্যালোফাইট)
(*a*) মূলের কর্টেক্সে বাতাবকাশ থাকে।	(*a*) মূলের কর্টেক্সে বাতাবকাশ থাকে না।	(*a*) মূলের কর্টেক্সে সাধারণত বাতাবকাশ থাকে না।
(*b*). কাণ্ডের ত্বক-কোষে কিউটিকল থাকে না। কর্টেক্সে বড় বাতাবকাশ দেখিতে পাওয়া যায়। স্তম্ভন কলা অতিশয় স্বল্প পরিমাণে থাকে। ভ্যাস্কুলার বাণ্ডিলগুলি সাধারণত কেন্দ্রের দিকে অবস্থিত। আংশিক	(*b*) কাণ্ডের সংবহন কলা ও স্তম্ভন কলা অত্যন্ত সুগঠিত। কখনও কখনও laticiferous tissue (ক্ষীর-কলা)-ও দেখিতে পাওয়া যায়।	(*b*) কাণ্ডের স্তম্ভন কলা ও সংবহন কলা অতিশয় সুগঠিত এবং কোষমধ্যবর্তী স্থানের পরিমাণ অতিশয় হ্রাস-প্রাপ্ত হয়।

Hydrophytes (জলজ উদ্ভিদ)	Xerophytes (জাঙ্গল উদ্ভিদ)	Halophytes (হ্যালোফাইট)
জল উদ্ভিদের ক্ষেত্রে সুগঠিত স্তম্ভন কলা, সঞ্চয় কলা ও ভ্যাস্কুলার কলা দেখিতে পাওয়া যায়।		
(c) পাতার প্যালিসেড কলা স্পঞ্জ কলা অপেক্ষা স্বল্প পরিমাণে উৎপন্ন হয়। কোনো কোনো ক্ষেত্রে মেসোফিল প্যালিসেড ও স্পঞ্জ কলায় বিভেদিত হয় না। কখনও কখনও মেসোফিল কলায় বায়ু প্রকোষ্ঠ দেখিতে পাওয়া যায়। পত্ররন্ধ্র সাধারণত থাকে না, কিন্তু আংশিক জলজ উদ্ভিদের ক্ষেত্রে পাতার উপরিতলে পত্ররন্ধ্র দেখা যায়।	(c) পাতার প্যালিসেড ও স্পঞ্জ কলা অধিকতর সুগঠিত। স্তম্ভন কলা অতিশয় সুবিন্যস্ত। পত্ররন্ধ্রের পরিমাণ স্বল্প এবং ইহারা গহ্বরের মধ্যে নিহিত থাকে ও মোম অথবা রোম দ্বারা আচ্ছাদিত থাকে।	(c) পাতার প্যালিসেড কলা অতিশয় ঘনবিন্যস্ত। পত্ররন্ধ্র সাধারণত গহ্বরে নিহিত থাকে না।

Questions

1. Write a short essay on ecological factors which affect plant life. (1964)

2. Enumerate the main ecological factors, Explain with reference to a particular locality how each of these factors has affected the vegetation of the locality chosen by you. (1968)

3. Discuss the influence of climatic factors on vegetation, citing example. (1963)

4. What is meant by plant succession ? Describe the various stages of succession of xerosere. (1965)

5. Distinguish between plant association and consociation. (1964)

6. Describe the vegetation of a freshwater pond and mention the ecological adaptations of the species. What are the factors which affect their distribution. (1964, '71, '73)

7. Refer the following to their habitats and explain their special structural adaptive feature :

(*a*) Orchids ; (*b*) a typical cactus ; (*c*) Water hyaciynth. (1969)

নিম্নলিখিত গাছগুলির স্বাভাবিক নিবাস উল্লেখ করিয়া উহাদের আবাসিক গঠন-সংক্রান্ত ব্যাখ্যা কর :

(ক) অর্কিড, (খ) ক্যাকটাস, (গ) কচুরিপানা. (1969)

8. Write an illustrated account of the morphological and anatomical peculiarities of the aquatic flora of West Bengal. (1962)

9. Describe the different morphological, anatomical and physiological adaptations found in hydrophytes. (1970)

জলজ উদ্ভিদের (hydrophyte) বহির্গঠন, অন্তর্গঠন ও শারীরবৃত্তিক (morphological, anatomical and physiological) বৈশিষ্ট্যগুলি বর্ণনা কর। (1965)

10. Compare the morphological and anatomical features of a halophyte and a hydrophyte. Illustrate your answer with suitable examples. (1965)

11. Compare the anatomical adaptations found in xerophytes and hydrophytes. (1966)

12. What are the distinguishing characters of xerophytes, mesophytes and hydrophytes ? Name two species of each occurring in West Bengal.

13. Give an account of the characteristic flora in the mangrove vegetation of sundarbans. (1965)

14. Give a general account of Mangrove vegetation of West Bengal. What special features are possessed by the mangroves that enable them to thrive in their special habitat ? (1972)

15. Give a general account of mangrove vegetation with special reference of West Bengal. (1960)

পশ্চিমবঙ্গের Mangrove উদ্ভিদ সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। কি কি বিশেষ গঠনপদ্ধতি Mangrove উদ্ভিদকে বিশেষ বাসস্থানে (habitat) বাঁচাইয়া রাখে ? (1972)

16. Write notes on : (*a*) Biotic factors (1963), (*b*) Climax (1963), (*c*) Morphological features of plants growing in saline environments. (1964)

———

INDEX

নির্ঘন্ট

A

Absorption, শোষণ, 192
—of salts, লবণের শোষণ, 197
—of water, জলের শোষণ, 192
Accelerator, ত্বরক পদার্থ, 242
Acrocentric (অ্যাক্রোসেন্ট্রিক), 36
Activation energy, কার্যকর শক্তি, 243
Adaptation, অভিযোজন, 74
Adenine (অ্যাডেনিন), 39, 59
Adsorption (অ্যাডসর্পশন), 180 181
Aerobic respiration, সবাত শ্বাসকার্য, 249, 264
Agricultural plants, কৃষিজাত উদ্ভিদ, 107
Alcoholic fermentation, কোহল সন্ধান, 254
Alleles (অ্যালিল), 49
Allelomorphic characters, তুলনামূলক বৈশিষ্ট্য, 53
Allelomorphs (অ্যালেলোমর্ফ), 49
Allopolyploidy (অ্যালোপলিপ্লয়েডী,) 42
Allotetraploid (অ্যালোটেট্রাপ্লয়েড), 42
Amitosis (অ্যামাইটোসিস), 12
Amphibious plants, জলস্থলজ উদ্ভিদ, 363
Amphidiploidy (অ্যামফিডিপ্লয়েডী), 42
Amyloplast (অ্যামাইলোপ্লাস্ট), 14
Anaerobic respiration, অবাত শ্বাসকার্য, 249, 260
Analogous organs, সমবৃত্তি অঙ্গ, 88
Anaphase (অ্যানাফেজ), 20, 23
—I, প্রথম অ্যানাফেজ, 27
—II, দ্বিতীয় অ্যানাফেজ, 28
Aneuploidy (অ্যানিউপ্লয়েডী), 42
Anions (অ্যানায়ন), 199
Anthocyanidin (অ্যানথোসায়ানিডিন), 276
Anthocyanin (অ্যানথোসায়ানিন), 276
Anthocyans (অ্যানথোসায়ান), 276
Anthopogenic formations, (অ্যানথ্রোপোজেনিক সংগঠন), 355
Apoenzyme (অ্যাপোএনজাইম), 242
Arc indicator (আর্ক ইণ্ডিকেটর), 312

Arctic zona, সুমেরু মণ্ডল, 165
Artificial communities, কৃত্রিম সম্প্রদায়, 357
Artificially induced changes, কৃত্রিম প্রণালীতে আবিষ্ট পরিবর্তন, 93
Ascent of sap, রসের উৎস্রোত, 223
Asexual reproduction, অযৌন জনন, 223
Ash analysis experiment, ভস্ম বিশ্লেষণ পরীক্ষা, 239
Associations, (অ্যাশোসিয়েশন)
Aster, অ্যাস্টার, 21
Astral rays, অ্যাস্ট্রাল রশ্মি, 17
Autercology, অটিকোলজি, 343
Autonomous movements, স্বত-শ্চলন, 321
Autopolyploidy (অটোপলিপ্লয়েড), 42
Autosomes (অটোসোম), 71
Auxanometer (অক্সানোমিটার), 312
Auxin (অক্সিন), 317
Auxograph (অক্সোগ্রাফ), 317
Azygospore (অ্যাজাইগোস্পোর), 33

B

Back cross, ব্যাক ক্রস বা পরীক্ষা-মূলক জনন. 55, 65
Banana, কলা, 160
Bennet-Clark's hypothesis, বেনেট ক্লার্কের মতবাদ, 200
Beverage producing plants, উত্তেজক পদার্থ উৎপাদনকারী উদ্ভিদ, 103, 138
Biogenic law, জীবজনী সূত্র, 89
Biotic factors, জৈব কারণসমূহ 351
Bipolar spindle, দুই মেরুযুক্ত মাকু, 21
Bivalent, বাইভ্যালেন্ট, 36
Black soil, কৃষ্ণ মৃত্তিকা, 34
Bleeding, রসমোক্ষণ, 222
Brownian movement, ব্রাউনীয় চলন, 180
Butyric acid fermentation, বিউ-ট্যারিক অ্যাসিড সন্ধান, 254, 351

C

Calcareous soil, চুনযুক্ত মৃত্তিকা, 350
Callus (ক্যালস), 75
Caoutchoue (কাউচু), 155
Capillaries. কৈশিক ঝিল্লী, 225
Capillary force, কৈশিক বল, 224, 225
—water, কৈশিক জল, 192, 202
Carbohydrates (কার্বোহাইড্রেট), 13, 302

Carbon assimilation, কার্বন আত্তীকরণ, 272
Cycle, কার্বন চক্র, 283
Carboniferous age, কার্বনিফেরস যুগ, 91
Carotenes (ক্যারটিন), 273, 275
Carotenoids (ক্যারটিনয়েড), 16, 275
Carrier, বাহক, 203
Cations (ক্যাটায়ন), 199
Cell, কোষ, 8
—division, কোষ বিভাজন, 19
—formation, কোষ উৎপাদন, 19
—parts of, কোষের অংশ, 19
—plate, কোষপাত, 24
—sap, কোষরস, 18
—theory, কোষতত্ত্ব, 5
—wall, কোষপ্রাচীর, 8, 9
Cell to cell osmosis, কোষান্তর অভিস্রবণ, 195, 196, 202
Central body (সেন্ট্রাল বডি), 37
Centriole (সেন্ট্রিওল), 17, 21
Centromere (সেণ্ট্রোমিয়ার), 27, 36
Centrosomes (সেণ্ট্রোসোম), 17, 21
Centrosphere (সেণ্ট্রোস্ফিয়ার), 17
Cereals, খাদ্যশস্য, 108, 110
Characteristic species, বিশিষ্ট প্রজাতি, 350
Checker Board (চেকার বোর্ড), 51
Chemical analysis, রাসায়নিক বিশ্লেষণ, 234
—phase, রাসায়নিক দশা, 277
Chemonasty (কেমোন্যাস্টি), 327
Chemotropism (কেমোট্রপিজম), 326
Chiasma (কায়াজমা), 25
Chimera (সীমেরা), 75, 76
Chimeral bud nutation, সীমারাঘটিত মুকুল পরিব্যক্তি, 76
Chlorophyll (ক্লোরোফিল), 15, 273
Chloroplast (ক্লোরোপ্লাস্ট), 15
Cholin (কলিন), 20
Chondriosomes (কনড্রিওসোম), 9 16
Chromatids (ক্রোমাটিডস্), 27, 35
Chromomeres (ক্রোমোমিয়র), 35
Chromonema (ক্রোমোনিমা), 35
Chromonometa (ক্রোমোনোমাটা), 35
Chromoplast (ক্রোমোপ্লাস্ট), 16
Chromosomal chimera (ক্রোমোসোমোনীয় সীমেরা), 7

Chromosoal mutation, ক্রোমোজোমীয় পরিব্যক্তি, 65, 76, 100
Chromosomes (ক্রোমোজোম), 12, 35, 38, 58
Cinchona, (সিঙ্কোনা), 146
Circumnutation, পরিচলন, 312
Clayey soil, কর্দমাক্ত মৃত্তিকা, 349
Climate factor, জলবায়ু-সংক্রান্ত কারণ, 345
—formation, জলবায়ু-সংক্রান্ত সংগঠন, 354
Climax community, চরম সম্প্রদায়, 357
—formation, চরম সংগঠন, 355
Climostat (ক্লাইমোস্টাট), 324
Closed plant community, বদ্ধ উদ্ভিদ সম্প্রদায়, 358
Coenzymes সহ এনজাইম, 241
Cofactors (কোফ্যাক্টর), 242
Coffee, কফি, 141
Cohesive force, সংশক্তিজনিত বল, 225
Colloidial solution, কোলয়ডীয় দ্রবণ, 179
—state, কোলডীয় অবস্থা, 194
Colouring matter, রঞ্জক পদার্থ, 18
Common potometer, সাধারণ পোটোমিটার, 208
Comparative embryology, তুলনামূলক ভ্রূণবিদ্যা, 88
—morphology, তুলনামূলক অঙ্গসংস্থান, 88
—physiology, তুলনামূলক শরীরবৃত্তি, 92
—transpiration, তুলনামূলক প্রস্বেদন, 213
Complete invasion, সম্পূর্ণ উদ্ভিদ বিস্তৃতি, 358
Conduction of water, জল সংবহন, 202
Conjugation, সংশ্লেষ, 32
Consociations (কনসোসিয়েশন), 355
Constant species, ধ্রুবক প্রজাতি, 356
Continuity of intercellular spaces, কোষমধ্যবর্তী রন্ধ্রের অবিচ্ছিন্নতা, 248
Continuous invasion, অবিরাম উদ্ভিদ বিস্তৃতি, 358
—phase, অবিচ্ছিন্ন দশা, 179
—variation, নিরন্তর প্রকরণ, 74
Cotton, Karpus, কার্পাস তুলা, 131
Cristae (ক্রাইস্টি), 16
Crossing over (ক্রসিং ওভার), 67, 69
Culture experiment, অনুশীলনী পরীক্ষা, 234, 236
—solution, অনুশীলনী দ্রবণ, 228
Cuticular transpiration, কিউটিকলীয় প্রস্বেদন, 206
Cytochrome (সাইটোক্রোম), 198, 273
—oxydase (সাইটোক্রোম, অক্সিডেজ), 199, 274
Cytokinesis (সাইটোকাইনেসিস), 20, 23, 28
Cytological techniques, কোষবিদ্যা-বিষয়ক ক্রিয়াপদ্ধতি, 6
Cytology, কোষবিদ্যা, 1, 3
Cytophotometry (সাইটোফোটোমেট্রি), 7
Cytoplasm (সাইটোপ্লাজম), 9, 16, 17, 18

Cytoplasmic mutation (সাইটো-প্লাজমীয় পরিব্যক্তি), 100
—strands, সাইটোপ্লাজমীয় স্তর, 12
Cytosin (সাইটোসিন), 39, 61

D

D.N.A. (ডি. এন. এ.) 5, 38, 59, 299
Daily period of growth, দৈনিক বৃদ্ধিকাল, 314
Dark phase reaction, আলোক-বিহীন দশার বিক্রিয়া, 277
Darwin's porometer, ডারউইন নির্মিত পোরোমিটার, 212
—theory, ডারউইনবাদ, 76
Date plam, খেজুর, 128
Deciduous trees, পর্ণমোচী বৃক্ষ, 347
Denitrifying bacteria, নাই-ট্রোজেন মোচনকারী ব্যাক্টিরিয়া, 297
Deoxyribonucleic acid (ডিঅক্সি-রাইবোনিউক্লীক অ্যাসিড), 38, 292
Determiners (ডিটারমাইনারস্), 57
De Vries Mutation theory, ডি. ভ্রীসের পরিব্যক্তিবাদ, 98
Diakinesis (ডায়াকাইনেসিস), 26
Dicentric chromosome (ডাই-সেন্ট্রিক ক্রোমোজম), 37
Diffusion, ব্যাপনক্রিয়া, 180, 184, 194, 205
—gradient, ব্যাপনমাত্রার প্রভেদ, 281
Diffusion pressure, ব্যাপন চাপ, 182
—through membranes, ঝিল্লীর মাধ্যমে ব্যাপন ক্রিয়া, 184
Dihybird cross, দ্বিসংকর জনন, 53
Diploid (ডিপ্লয়েড), 19, 41
Diploidy (ডিপ্লয়েডী), 42
Diplonema stage (ডিপ্লোনিমা দশা,) 26
Diplotene (ডিপ্লোটিন), 25
Discontinuous phase, বিচ্ছিন্ন দশা, 179
—variation, বিচ্ছিন্ন প্রকরণ, 74
Dispersed phase বিচ্ছিন্ন দশা, 179
Dispersing phase, অবিচ্ছিন্ন দশা 179
Doctrine of decent (ডকট্রিন অফ ডিসেন্ট), 94
Dominant character, প্রবল গুণ 50
Dye producing plant, রঞ্জন উৎপাদনকারী উদ্ভিদ, 108

E

Ecological classification. বাস্তু-সংস্থান অনুযায়ী শ্রেণীবিভাগ 359
—factors, বাস্তু-সংস্থানের কারণ, কারণ, 345
—units, বাস্তু-সংস্থানের একক, 354
Ecology, বাস্তু-সংস্থান, 341, 343
Economic Botany, ব্যবহারিক উদ্ভিদবিদ্যা, 103, 105
Ectoplasm (একটোপ্লাজম), 18, 193
Edaphic factors (মৃত্তিকা-সংক্রান্ত কারণ), 347

Edaphic formations, মৃত্তিকা-সংক্রান্ত সংগঠন, 354
Egg osmoscope, ডিম্ব অসমোস্কোপ, 186
Electrochemical theory, বৈদ্যুতিক রাসায়নিক প্রণালী, 198
Electron microscope, ইলেকট্রন অণুবীক্ষণ যন্ত্র, 5, 274
Elements constituting the plant body, উদ্ভিদদেহের মৌলিক উপাদান 228
Embryonic phase, আদি দশা, 309
Endoplasm (এণ্ডোপ্লাজম), 187, 195
Environment, পরিবেশ, 74
Environmental variation, পরিবেশনীয় প্রকরণ, 47
Enzyme, এনজাইম, 241
—action of, এনজাইমের কার্য, 242
—, properties of, এনজাইমের ধর্ম, 242
—substrate complex, জটিল এনজাইম ঘটিত পদার্থ, 243
Epinasty, (এপিন্যাস্টি), 321
Epiphytes, পরাশ্রয়ী উদ্ভিদ, 370
Equational division, ইকোয়েশানাল বিভাজন, 25, 27
Equatorial zone, বিষুবমণ্ডল, 165
Ergastic substances, আরগাস্টিক পদার্থ, 9, 18
Essential elements, অপরিহার্য মৌল, 229
Euchromatic (ইউক্রোমাটিক) 38
Euploidy (ইউপ্লয়েডী), 42
Evaporation, বাষ্পীভবন, 205
Evergreen forest, চিরহরিৎ অরণ্য, 347
Evidences of organic evolution, জৈব অভিব্যক্তির প্রমাণ 88
Evolution, অভিব্যক্তি, 74, 13, 85
—of life and plants. জীবনের অভিব্যক্তি ও উদ্ভিদের অভিব্যক্তি 85
Evolutionary tree, অভিব্যক্তি বৃক্ষ, 87
Excretory products, বর্জ্য পদার্থ, 18
Exosmosis (এক্সঅসমোসিস), 187, 196
Extra nuclear inheritances, বহিঃ নিউক্লীয় বংশগতি, 57
Exudation, নিস্রাবণ, 200

F

F_1 generation, প্রথম অপত্য বংশ, 50
F_2 generation, দ্বিতীয় অপত্য বংশ 50
Farmer's potometer (ফার্মারের পোটোমিটার), 210
Fermentation, সন্ধান, 254, 261
Fertilization, নিষেক, 32
Fibre producing plants, তন্তু উৎপাদনকারী উদ্ভিদ, 103, 131
Fibres, তন্তু, 21
First meiotic division (প্রথম মায়োটিক বিভাজন), 25, 26
Floating plants, ভাসমান উদ্ভিদ, 360
Flora of the Deccan, দাক্ষিণাত্যের উদ্ভিদ, 169

Flora of the Eastern Himalaya, পূর্ব হিমালয় অঞ্চলের উদ্ভিদ, 170
—Gangetic plain, গাঙ্গেয় সমতলভূমির উদ্ভিদ, 174
—Indian phytogeographical regions, ভারতীয় উদ্ভিদ অঞ্চলের উদ্ভিদ, 169
—Western Himalaya, পশ্চিম হিমালয় অঞ্চলের উদ্ভিদ, 172
Florigen (ফ্লোরিজেন), 334
Fluctuating variation, অস্থির প্রকরণ 174
Forest plants, বনজ উদ্ভিদ, 107
Fossils, জীবাশ্ম, 90
Free cell formation, অবাধ কোষ-গঠন, 31
Fruits, ফল, 109, 160

G

Ganong's light screen, গ্যানোর আলোকপর্দা, 286
—Photosynthometer, গানোর ফোটোসিন্থোমিটার, 280
—Potometer, গ্যানোর পোটোমিটার, 209
—Respirometer, গ্যানোর রেসপিরোমিটার, 267
Gemmation (গেমেশন), 31
Gene (জীন), 20, 35, 41, 57
—mutation, জীন পরিব্যক্তি 77, 99, 100
Genetics (সুপ্রজনন বিদ্যা), 45, 47, 75, 92
Genomatic mutation, জেনমীয় পরিব্যক্তি, 99, 100
Genotype (জেনোটাইপ), 54
Genotypic variation (জেনোটিপিক প্রকরণ), 37
Geographical distribution, ভৌগোলিক বিস্তার, 91
Geological records, ভূবিদ্যালিপি, 90
Geotropism (জিওট্রপিজম), বা অভিকর্ষাবৃত্তি 323
Germ cells, যৌন কোষ, 19
—plasm theory, জার্মপ্লাজম, মতবাদ, 98
Glycolysis (গ্লাইকোলিসিস), 250
Golgi apparatus গলগি যন্ত্র, 24
—bodies (গলগি বডি), 9, 1
Grafting, জোড় কলম করা, 330
Gram, ছোলা, 117
Grand period of growth, মুখ্য বৃদ্ধিকাল, 311
Granum (গ্রানাম), 15, 275
Grass pea, খেসারি, 118
Gravel culture, কাঁকর অনুশীলন, 237
Grevelly soil, কঙ্কর মৃত্তিকা, 349
Gravitational water, মহাকর্ষীয় জল, 192
Growth, বৃদ্ধি, 309
—movements, বৃদ্ধিজ চলন 321
—regulators, বৃদ্ধি নিয়ন্ত্রক, 317
Guanine (গুয়ানিন), 30, 61
Gum, resin, etc. producing plants গঁদ, রজন প্রভৃতি উৎপাদনকারী উদ্ভিদ, 108
Guttation, নিস্রাবণ, 220

H

Halophytes (হ্যালোফাইট), 368
Haploid (হাপ্লয়েড), 194
Haptotropism (হাপটোট্রপিজম), বা স্পর্শবৃত্তি, 352
Health formations, গুল্মাচ্ছাদিত সংগঠন 355
Helosere (হেলোসিয়ার), 357
Hereditary variation, বংশগত প্রকরণ, 75
Heredity, বংশগতি, 47
—, chemical basis of, বংশগতিতে রাসায়নিক মূলতত্ত্ব 59
—physical basis of, বংশগতির ভৌত মূলসূত্র, 57
Heterochromatic (হেটারো-ক্রোমাটিকা), 38
Heterploidy (হেটারোপ্লয়েডী), 41
Heterozygous, হেটারোজাইগাস, 53, 65
Hill reaction, হিল বিক্রিয়া, 278
Histone (হিস্টোন), 15, 08
Homologous chromosomes. সমসংস্থ ক্রোমোজম, 26
—organs, সমসংস্থ ক্রোমোজম, 26
Homozygous (হোমোজাইগাস), 52, 65
—recessive, প্রচ্ছন্ন সমধর্মী গুণাবলী সম্পন্ন জীব, 55
Hormones (হরমোন), 93
Horticultural plants, উদ্যানপালন-সংক্রান্ত উদ্ভিদ, 108
Humus soil, হিউমাস মৃত্তিকা
Hyaline membrane, স্বচ্ছ স্তর, 183
Hybrid, সংকর উদ্ভিদ, 42
—vigour (হাইব্রিড ভিগর), 63
Hybridization, সংকরণ প্রক্রিয়া, 48, 57
Hydathode (হাইডাথোড), 221
Hydrolysis, আর্দ্র বিশ্লেষণ, 211
Hydrophytes, জলজ উদ্ভিদ, 360
Hydroponics (হাইড্রোপনিকস), 237
Hydrosere (হাইড্রোসিয়ার), 357
Hydrotropism (হাইড্রোট্রপিজম), বা জলবৃত্তি, 325
Hygroscopic water, জলাকর্ষী জল, 198
Hyperchimera (হাইপারসীমেরা), 77
Hyponasty (হাইপোন্যাস্টি), 321

I

Imbibition (ইমবাইবিশন), 18, 205
—force, ইমবিশন বল, 225
—pressure, ইমবাইবিশন চাপ, 182
Impermeable membrane, অভেদ্য ঝিল্লী, 184
Incipient plasmolysis, প্রারম্ভিক প্লাসমোলিসিস, 191
Incomplete dominant, অসম্পূর্ণ প্রাবল্য, 63
Induced movement, আবিষ্ট চলন. 322
—mutation, আবিষ্ট পরিব্যক্তি, 100
Inheritance, বংশগতি, 72
—of acquired characters, অর্জিত গুণাবলী, 95

Inheritance of advantageous variation, উপযুক্ত প্রকরণের বংশগতি, 97
Inhibitor, রোধক, 242
Inorganic salts, অজৈব লবণ, 18
Insectivorous plants, পতঙ্গভুক উদ্ভিদ, 298
Intermittent invasion, সবিরাম উদ্ভিদবিস্তৃতি, 358
Interphase (ইণ্টারফেজ), 20
Irritability, উত্তেজিত্ব, 322
Isotonic solution, আইসোটনিক দ্রবণ, 191
Isotopic carbon, তেজস্ক্রিয় কার্বন, 278

J

Jute, পাট, 132

K

Karyokinesis (কেরিওকাইনেসিস), 20
Karyolymph (কেরিওলিম্ফ্), 12
Kelai (কলাই), 119
Khariff boro (খারিফ বোরো), 113
Kinetics of energy, শক্তির গতিবিদ্যা, 243
Kinetochore (কাইনোটোকোর), 21
Klinostat (ক্লিনোস্টাট), 324
Knop's solution, নপের দ্রবণ, 238
Kreb's cycle, ক্রেব চক্র, 257
Kuhn's fermentation vessel কুনের সন্ধানপাত্র, 270

L

Labile intermediate products, অন্তর্বর্তী অস্থায়ী পদার্থ, 250
Lactic acid fermentation, ল্যাকটিক অ্যাসিড সন্ধান, 254
Lamark's theory, ল্যামার্কের মতবাদ, 94
Lamellae (ল্যামেলী), 15, 274
Late prophase, প্রোফেজের সমাপ্তি-পথে, 201
Law of dominance and recessive, প্রবল ও প্রচ্ছন্ন গুণসূত্র, 56
—independent assortment, মুক্ত সঞ্চারণ সূত্র, 56
—limiting factors, কারণ নিয়ন্ত্রণ সূত্র, 288
—seggregation, পৃথকীকরণ সূত্র, 56
Layering, দাবা কলম বাঁধা, 331
Lecithin (লেসিথিন), 200
Lenticular transpiratinn, লেন্টিসেলীয় প্রস্বেদন, 206
Lentil, মুসুরি, 118
Leptonema stage, লেপটোনিমা দশা 57
Leptotene (লেপটোটিন), 26
Leucoplastids (লিউকোপ্লাসটিডস্), 14
Leucoplast (লিউকোপ্লাস্ট), 14
Light growth reaction, আলোক-বৃদ্ধি প্রতিক্রিয়া, 315
—indifferent plants, আলোক নিরপেক্ষ উদ্ভিদ, 315
—phase reaction, আলোক-দশা বিক্রিয়া, 276
Linkage (লিঙ্কেজ), 67
Linked character, লিঙ্কড্ চরিত্র, 67
Lithophytes (লিথোফাইট), 371

Lloids' experiment, লয়েডের পরীক্ষা, 212
Loamy soil দো-আঁশ মৃত্তিকা, 349
Longitudinal pull, দৈর্ঘ্য টান, 225

M

Macronutrients (ম্যাক্রোনিউট্রিয়েন্টস্), 229
Mangrove plants, গরানজাতীয় উদ্ভিদ, 369
Matrix, মাধ্যম, 15
Medicinal plants, ভেষজ উদ্ভিদ 108, 144
Meiosis, (মায়োসিস), 19, 24
Meiotic division, মায়োটিক বিভাজন, 25
— I, প্রথম মায়োটিক বিভাজন, 25, 26
—II, দ্বিতীয় মায়োটিক বিভাজন, 25, 27
Mendel's experiment, মেণ্ডেলের পরীক্ষা, 48
—laws of heredity, মেণ্ডেলের বংশগতির নিয়ম, 56
—inheritance, মেণ্ডেলের বংশগতির নিয়ম, 56
Mesophytes, সাধারণ উদ্ভিদ, 365
Metabolic nucleus, বিপাকীয় নিউক্লীয়াস, 20
Metacentric chromosome (মেটাসেন্ট্রিক ক্রোমোজোম), 36
Messenger RNA, বার্তাবহ আর, এন, এ, 62, 293
Metaphase (মেটাফেজ), 27
—I, প্রথম মেটাফেজ, 27
—II, দ্বিতীয় মেটাফেজ, 27
Micronutrients (মাইক্রোনিউট্রিয়েন্টস্) 229
Middle lammella, মধ্য পর্দা, 24
Mineral nutrition, খনিজ পুষ্টিবিধান, 228
Miscellaneous plants, বিবিধ উদ্ভিদ, 108
Mitochondria (মাইটোকনড্রিয়া), 9, 16
Mitosis (মাইটোসিস), 19, 20
Mixed community মিশ্র-সম্প্রদায় 35
Moll's experiment, মলের পরীক্ষা, 284
Monohybrid cross, একক সংকর জনন, 48
Monosomics (মনোসোমিক্স্), 42
Monstrosites, অঙ্গবিকৃতি, 99
Movements চলন, 320
—of curvature, বক্র চলন, 321
—of growth বৃদ্ধিজ চলন, 321
—of locomotion, গমন, 320
—of variation, প্রকার চলন 321
Mung, মুগ, 118
Mutant, পরিবর্তনশীল, জীব, 99
Mutation, পরিব্যক্তি, 41, 74, 76, 99
Munch's hypothesis, মাঞ্চের প্রকল্প, 300

N

Narcotic producing plants, মাদক দ্রব্য উৎপাদনকারী উদ্ভিদ, 109
Nastic movements, ন্যাস্টিক চলন, 327
Negatively geotropic, প্রতীপ অভিকর্ষাবর্তী, 323
—hydrotropic, প্রতীপ জলাবর্তী, 325

Negatively phototropic, প্রতীপ আলোকবর্তী, 322
Nitrifying bacteria, নাইট্রোজেন আত্তীকরণ ব্যাক্টিরিয়া, 296
Nitrogen assimilation, নাইট্রোজেন আত্তীকরণ, 291
—cycle, নাইট্রোজেন চক্র, 294
—fixation, নাইট্রোজেন স্থিতিকরণ, 293
Normal culture solution, সাধারণ অনুশীলনী দ্রবণ, 238
Nuclear membrane, নিউক্লীয় মেমব্রেন, 12
—reticulum, নি উ ক্লী য় জালিকা, 12
—sap, 37
Nucleic acid, (নিউক্লীক অ্যাসিড), 38
Nuclein (নিউক্লীন), 12
Nucleolus (নিউক্লীয়লাস), 5, 13
Nucleotide, (নিউক্লিওটাইড) 39
Nucleus (নিউক্লীয়স), 5, 9, 10, 11
Nullisomics (নালিসমিক্‌স্), 43
Numerical mutation, সংখ্যাগত পরিব্যক্তি 100
Nutation, বলন, 321
Nyctinastic movement, নিক্টিন্যাষ্টিক চলন, 327
Nyctinasty (নিকটিন্যাস্টি), 327

O

Oil producing plants, তৈল উৎপাদনকারী উদ্ভিদ, 108, 120
Oil coconut, নারিকেল তৈল, 122
—fatty, চর্বিজাতীয় তৈল, 120
—ground nut, চীনাবাদাম তৈল 120
Oil, mustard, সরিষার তৈল, 122
—, volatile, উদ্বায়ী তৈল, 120
Ontogeny, ব্যক্তিজনি, 90
Open plant community, মুক্ত উদ্ভিদ সম্প্রদায়, 358
Organic acids, জৈব অ্যাসিড, 18
—catalyst, জৈব অনুঘটক, 241
—evolution, জৈব অভিব্যক্তি, 85, 88, 94
Origin of species, প্রজাতির অভ্যুদয়, 94, 97
Osmoscope, (অসমোস্কোপ), 285
Osmosis (অসমোসিস), বা আস্রবণ 184, 185
Osmotic membrane, আস্রবণ স্তর 194
—pressure, আস্রবণ চাপ, 185 188, 195, 205

P

Pachynema stage, প্যাচাইনিমা দশা, 26
Pachytene (প্যাচিটিন), 26
Paddy, ধান, 110
Paper producing plants, কাগজ উৎপাদনকারী উদ্ভিদ, 109
Parthenogenesis, অপুংজনি, 33
Pea, মটর, 118
Pentaploidy (পেন্টাপ্লয়েডী), 42
Pentose sugar পেন্টোজ শর্করা, 39
Periclinal chimera (পেরিক্লিনাল সীমেরা), 78

Permeable membrane, ভেদ্য ঝিল্লী 184, 139
Phase of cell division, কোষ-বিভাজন দশা, 309
—of differentiation, বিভেদ দশা, 309
of elongation, দীর্ঘীকরণ দশা, 309
Phases of growth, বৃদ্ধির দশা, 302
Phenotype (ফেনোটাইপ), 54
Phosphatidic acid (ফসফ্যাটিডিক অ্যাসিড), 201
Phospholipoid (ফসফোলাইপিড), 201
Phosphoprotein, (ফসফোপ্রোটীন), 200
Photochemical phase, আলোক রাসায়নিক দশা, 277
Photo indifferent plants, আলোক-নিরপেক্ষ উদ্ভিদ,
Photolysis (ফোটোলাইসিস), 277
Photonasty, (ফোটোন্যাস্টি,) 327
Photoperiod (ফোটোপিরিয়ড), 334
Photoperiodic induction, আলোক-কালীন আবেশ, 335
Photoperiodism (ফেটোপিরিয়-ডিজম) 344
Photophilic plant, আলোক-বিলাসী উদ্ভিদ, 334
Photophobic plants, আলোক-বিমুখী উদ্ভিদ, 335
Photophosphorylation (ফোটো-ফসফোরাইলেশন), 278
Photosynthesis সালোকসংশ্লেষ, 272, 276, 281
Photosynthetic number, সালোক-সংশ্লেষ সংখ্যা, 287
Photosynthetics quotient, সালোকসংশ্লেষ হার 272
Phototaxy (ফোটোট্যাক্সি), 320
Phototropic chamber (ফোটো-ট্রপিক চেম্বার), 323
Phototropism (ফোটোট্রপিজম,) বা আলোকবৃত্তি), 222
Physical basis of life, জীবনের মূলভিত্তি, 8
—force theory, ভৌত শক্তি-সংক্রান্ত মতবাদ, 224
Physiologically dry soil, উষর মৃত্তিকা, 368
Phytogeographical regions of India ভারতীয় উদ্ভিদের ভৌগোলিক অঞ্চল, 165
Pigeon pea, অড়হর, 118
Pioneer community উদ্ভিদ সম্প্রদায়ের প্রবর্তক, 357
Plant catalyst, উদ্ভিদ অনুঘটক, 241
—community, উদ্ভিদ সম্প্রদায়, 357
—formation উদ্ভিদ সংগঠন, 354
—geography, উদ্ভিদ ভূগোলবিদ্যা,163
—invasion, উদ্ভিদ বিস্তৃতি, 358
—physiology, শারীরবৃত্তি, 17
—sociology, উদ্ভিদসমাজবিদ্যা, 356
—succession উদ্ভিদপর্যায়, 356
Plasma membrane, প্লাজমা ঝিল্লী, 180, 199
Plasmodesmal connection, প্লাস-মোডেসমীয় সংযোজন, 201
Plasmolysis (প্লাসমোলাইসিস) 190
Plastid mutation প্লাসটিড পরি-ব্যক্তি, 100

Plastids (প্লাস্টিড), 9, 10, 13, 14
Point mutotion, বিন্দু পরিব্যক্তি, 77
Polar zone, মেরুমণ্ডল, 165
Polycentric chromosome (পলি-সেন্ট্রিক ক্রোমোজোম, 37
Polyclinal chimera (পলিক্লিনাল সীমেরা), 76, 77
Polyploids (পলিপ্লয়েডস্), 41
—, formation of, পলিপ্লয়েডের উৎপাদন, 43
Polyploidy (পলিপ্লয়েডি), 14
—,classification of, পলি-প্লয়েডের শ্রেণীবিভাগ, 42
Polysomics (পলিসোমিক), 43
Positively geotropic, অভিগ অভি-কর্ষাবর্তী, 323
—hydrotropic, অভীগ জলা-বর্তী 325
—phototropic, অভীগ আলোক-বর্তী, 322
Potato osmoscope, আলু অসমো-স্কোপ. 196
Primary constriction region, মুখ্য সংকোচ অঞ্চল, 36
—sere, মুখ্য সিয়র, 357
Premordial utricle (প্রাইমর-ডিয়াল ইউট্রিকল), 18, 182
Prodigality of production, অত্য-ধিক বংশবৃদ্ধি হার, 76
Proenzyme (প্রোএনজাইম), 242
Prophase (প্রোফেজ), 20, 21
—I, প্রথম প্রোফেজ, 27
—II, দ্বিতীয় প্রোফেজ, 27
Prosthetic group, প্রসথেটিক গ্রুপ, 251
Protein synthesis, প্রোটিন সংশ্লেষ, 200, 291
Proteins (প্রোটীন), 18, 38
Protochlorophyll (প্রোটোক্লোরো-ফিল) 274
Protoplasm (প্রোটোপ্লাজম) 5, 8, 9
—,colloidal properties of, প্রোটোপ্লাজমের কোলয়ডীয় ধর্ম, 179
—, functions of প্রোটো-প্লাজমের কার্য, 10
—parts of, প্রোটোপ্লাজমের বিভিন্ন অংশ, 10
—test of, প্রোটোপ্লাজমের পরীক্ষা, 11
Protoplasmic membrane, প্রোটোপ্লাজমীয় স্তর, 193
Protoplast, (প্রোটোপ্লাস্ট), 8
Pulses, দাইল, 109, 117
Pure line selection, শুদ্ধ পন্থার নির্বাচন, 81
Purin base (পিউরিন বেস), 39
Pyrenoid (পাইরেনয়েড), 94
Pyridin base (পাইরিডিন বেস), 39

R

RNA (আর এন এ) 6, 38, 292
Rabi boro (রবিবোরো), 113
Radioactive isotope, তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ, 276
Rate of growth, বৃদ্ধির হার, 31
Rouwolfia (রাউলফিয়া), 150
Recapitulation, পুনরাবৃত্তি, 89, 90
Recessive character, প্রচ্ছন্ন চরিত্র, 50
Recombination, পুনর্মিশ্রণ, 58

Red soil, লোহিত মৃত্তিকা, 351
Reductional division, রিডাকসানাল বিভাজন, 25
Regions of growth, বর্ধমান অঞ্চল 309
Rejuvenescence, পুনর্ভবন, 32
Reproduction, জনন, 330
Reserve materials, সঞ্চিত পদার্থ. 18
Respiration, শ্বাসকার্য, 248
—chemistry, of, শ্বাসকার্যের সময় রাসায়নিক বিক্রিয়া, 254
—,mechanism of, শ্বাসকার্যের অঙ্গ, 248
—process of, শ্বাসকার্যের প্রণালী, 248
Respiratory quotient, শ্বাসহার, 251
Respiroscopes (রেসপিরোস্কোপ), 265
Reverse mutation, বিপরীত পরিব্যক্তি 7, 8
Rhythmic pulsation, স্পন্দনমাত্রা, 224
Ribonucleic acid, (রাইবোনিউক্লীক অ্যাসিড), 38, 293,
Rice, ধান, 111, 112
Ringing experiment, বলয় আকারে কর্তন পরীক্ষা, 226
Rocky soil, প্রস্তরময় মৃত্তিকা 351
Root pressure মূলজপ্রেষ, 197 198 202, 204,
—theory, মূলজপ্রেষ-সংক্রান্ত মতবাদ, 123
Rotation of crops, পর্যায়ক্রমিক চাষ 294
Rubber producing plants, রবার উৎপাদনকারী উদ্ভিদ, 309, 155

S

Sal (শাল), 152
Saline soil, লবণাক্ত মৃত্তিকা, 349
Sand culture, বালুকা অনুশীলন 237
Satellite (স্যাটেলাইট), 38
Secondary constriction region গৌণ সংকোচ স্থান, 21, 37
—succession, গৌণ পর্যায়,
Secretory products, অন্তঃক্ষরিত পদার্থ, 19
Sectorial chimera (সেক্টোরিয়াল সীমেরা), 76
Segregation, পৃথকীকরণ, 53
—, law of, পৃথকীকরণ সূত্র, 56
Seismonasty (সিসমোন্যাষ্টি), 328
Selective absorption theory, নির্বাচনী শোষণ তথ্য, 200
—breeding, নির্বাচনী প্রজনন, 92
Semipermeable membrane, আংশিক ভেদ্য ঝিল্লী, 180, 184, 185, 194
Sere (সিয়ার), 357
Sex chromosome, যৌন ক্রোমোজোম, 70, 71
—determination, যৌন নির্ধারণ 72
—linkage, যৌন লিঙ্কেজ, 72
—linked inheritance, যৌন লিঙ্কেজঘটিত বংশগতি, 73
Sexual reproduction, যৌন জনন, 331

Significance of meiosis, মায়োসিসের বিশেষত্ব, 28
—of mitosis, মাইটোসিসের বিশেষত্ব,
Silty soil, পলিমৃত্তিকা, 349
Single character cross, একক চরিত্র জনন, 48
Soil factors, মৃত্তিকা-সংক্রান্ত কারণ, 347
—organisms, মৃত্তিকাস্থ জীবাণু 251
—, types of, মৃত্তিকার প্রকার, 349
Solution cultures দ্রবণ অনুশীলন, 237
Somatic cells, দেহকোষ, 41
—mutation, দেহকোষ পরিব্যক্তি, 100
Somatoplasm (সোমাটোপ্লাজম), 98
Source of energy, শক্তির উৎস, 252
Spice producing plants, মসলা-উৎপাদনকারী উদ্ভিদ, 108
Spindle, মাকু, 36
Spontaneous mutation, স্বতঃস্ফূর্ত পরিব্যক্তি,100
St. Hilaire's theory সেন্ট হিলে য়ারের মতবাদ,94
Stomatal frequence, পত্ররন্ধ্রের সংখ্যাধিক্য 211
—transpiration, পত্ররন্ধ্রীয় প্রস্বেদন, 206, 210
Storage, সঞ্চয়, 299, 301
Stroma (স্ট্রোমা), 15 275
Structural mutation, আকৃতিগত পরিব্যক্তি 100
Struggle for existence, জীবন সংগ্রাম, 97
Subartic zone, উপসুমেরুমণ্ডল, 165
Submerged plants, নিমজ্জিত উদ্ভিদ, 362
Subtropical zone, উপগ্রীষ্মমণ্ডল 165
Suction pressure, শোষণ চাপ, 187
Sugar producing plants, শর্করা উৎপাদনকারী উদ্ভিদ, 108, 125
Sugarcane, ইক্ষু, 125
Survival of the fittest, যোগ্যতমের প্রাধান্য, 97
Symbionts, অন্যোন্যজীবী, 294
Symbiosis, অন্যোন্যজীবিত্ব, 294
Symplast, সিমপ্লাস্ট, 201
Synecology (সাইনেকোলজি) 343

T

Tactic movements, ট্যাক্টিক্ গমন, 320
Taxism (ট্যাক্সিজম), 323
Taxonomic evidence, উদ্ভিদ শ্রেণী-বদ্ধবিদ্যা সংক্রান্ত, 92
Tea চা, 138
Teak, সেগুন, 153
Telomere (টেলোমিয়র), 38
Telophase, টেলোফেজ, 20, 23
—I, প্রথম টেলোফেজ, 37
—II, দ্বিতীয় টেলোফেজ, 28
Temperate zone, নাতিশীতোষ্ণ মণ্ডল, 165
Test cross, পরীক্ষামূলক জনন, 55 65
Tetraploidy (টেট্রাপ্লয়েডী) 42

Thermonasty (থারমোন্যাস্টি) 427
Thermoperiodicity, 336
Thermophase, উষ্ণতা দশা, 322
Thermoperiodic induction, 335
Thymine (থাইমিন), 32 59
Timber producing plants, কাষ্ঠ উৎপাদনকারী উদ্ভিদ 108, 152
Tonoplasm (টোনোপ্লাজম) 18
Tonoplast (টোনোপ্লাস্ট) 193 199
Topographic factors, 359
Trace elements, স্বল্পমাত্রায় মৌল, 229
Tractile fibres, আকর্ষণ তন্তু 22
Transfer RNA স্থানান্তরকরণ আর এন এ 293
Translocations ; সংবহন, 299
—mechanism, সংবহন প্রণালী 300
Transpiration, প্রস্বেদন 206
—coefficient প্রস্বেদনাঙ্ক 213
—current, রসস্রোত, 205, 218
—pull, প্রস্বেদন টান 225
Transversely geotropic, তির্যক অভিকর্ষাবর্তী, 323
—phototropic তির্যক আলোক বর্তী 322
Triploidy (ট্রিপ্লয়েডী), 42
Tropic movements ট্রোপিক চলন, 322
Tropical zone গ্রীষ্মমণ্ডল, 163
Tropism (ট্রপিজম) 322
Tropophytes (ট্রোপোফাইটস), 359
Turgescence, রসস্ফীতি, 187
Turgidity, রসস্ফীতি 187, 189
Turgour pressure, রসস্ফীতি চাপ 187 194
Tyndal phenomenon, টিণ্ডাল ঘটনা, 180

U

Ultraviolet microscope, আলট্রা-ভায়োলেট অণুবীক্ষণ যন্ত্র 7
Uracil (ইউর‍্যাসিল), 9

V

Vacuole (ভ্যাকুওল) বা কোষ গহ্বর 9, 18
Variation প্রকারণ 74, 91
Vascular membrane ভ্যাস্কুলার স্তর, 193
Vegetables, সব্জী, 109
Vegetative teproduction অঙ্গজ জনন 330
Vernalization (ভারনালিজেশন) 93
Vitalistic theory, অধিপ্রাণবাদ, 223
Vitamin (ভাইটামিন) 106

W

Waste products বর্জ্য পদার্থ 181
Water culture experiment, জল অনুশীলনী দ্রবণ পরীক্ষা, 237
Water culture, জল অনুশীলন, 237
—stomata, জলরন্ধ্র, 211
Wheat, গম 114, 115, 116
Weismann's theory, ভাইজম্যানের মতবাদ 98

X

Xanthophylle, (জ্যান্থোফিল) 273 275
Xerophytes, জাঙ্গল উদ্ভিদ, 366
Xerosere (জেরোসিয়ার), 357

Z

Zygonema stage, জাইগোনিমা দশা, 26
Zygotene (জাইগোটিন), 26

———

গ্রন্থকার পরিচিতি

এই গ্রন্থের লেখক অধ্যাপক শ্রীহেমেন্দ্র চন্দ্র মুখোপাধ্যায় কলিকাতা সিটি কলেজের উদ্ভিদ বিদ্যার ভূতপূর্ব প্রধান অধ্যাপক। ইঁহার অভিজ্ঞতা বহুজন-বিদিত। কলিকাতা বিশ্ববিদ্যালয়ের উদ্ভিদ্‌বিদ্যার একাধিক পুস্তকের প্রণেতারূপে ইনি সুপরিচিত।

এই গ্রন্থের অন্য রচয়িতা অধ্যাপক শ্রীঅনিল কুমার বন্দ্যোপাধ্যায় অধ্যাপক মুখোপাধ্যায় মহাশয়ের সুযোগ্য ছাত্র ও সহকর্মীরূপে উদ্ভিদ্‌বিদ্যা অধ্যাপনায় সুপ্রতিষ্ঠিত এবং সুদীর্ঘ অভিজ্ঞতার অধিকারী। ইনি বর্তমানে সিটি কলেজের উদ্ভিদ বিদ্যার অন্যতম প্রবীণ অধ্যাপক। ইঁহার অধ্যাপনা কৌশল বহুজন প্রশংসিত।